Biologische Beobachtungen an Asellus aquaticus

nebst einigen Bemerkungen über Gammarus und Niphargus.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der

hohen naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät

der

Albert-Ludwig-Universität zu Freiburg i. Br.

vorgelegt am 17. Juni 1912 von

Georg J. v. Kaulbersz
aus Kalisch.

Freiburg i. Br. 1913.

Biologische Beobachtungen an Asellus aquaticus

nebst einigen Bemerkungen über Gammarus und Niphargus.

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde

der

hohen naturwissenschaftlich-mathematischen Fakultät

der

Albert-Ludwig-Universität zu Freiburg i. Br.

ACAD.
LUGD.BAT.
BIBL.

vorgelegt am 17. Juni 1912 von

Georg J. v. Kaulbersz
aus Kalisch.

Freiburg i. Br. 1913.

Dekan: Geh. Hofrat Prof. Dr. Stickelberger.

Referent: Prof. Dr. Doflein.

Abdruck
aus den
Zoologischen Jahrbüchern. Bd. 33. Abt. f. allg. Zool. u. Physiol. 1913.
Herausgegeben von Prof. Dr. J. W. Spengel in Gießen.
Verlag von Gustav Fischer, Jena.

Nachdruck verboten.
Übersetzungsrecht vorbehalten.

Inhalt.

Einleitung.
Vorkommen.
Verhalten der Tiere im Aquarium.
Ruhestellung und Funktion der Extremitäten.
Farbe.
Biologie des Geschlechtslebens.
Häutung.
Regeneration.
1. Methode.
2. Verhalten der Tiere während und nach der Operation.
3. Autotomie.
4. Regeneration.
Photoreception.
A. Historisches und Methoden.
B. Beobachtungen.
Versuch No. 1. Prüfung der Reaktion auf Licht und Schatten.

Versuch No. 2. Reaktion auf Licht von verschiedener Intensität.
Versuch No. 3. Reaktion der Tiere mit funktionslosen Augen.
Versuch No. 4. Körperstellung der beleuchteten Tiere.
Versuch No. 5. Reaktion der Augen allein.
Versuch No. 6. Reaktion auf beleuchtete Gegenstände.
Versuch No. 7. Rollen der Augen beim Aufsuchen der Nahrung.
Versuch No. 8. Verhalten auf verschiedenfarbigem Untergrund.
Versuch No. 9. Einwirkung von verschiedenfarbigem Licht.

Chemoreception.

A. Morphologie der 1. Antenne.
   1. Cuticula.
   2. Epidermis.
   3. Antennennerv.
   4. Bindegewebe.
   5. Muskulatur.

B. Experimente über den Geruchs- und Geschmackssinn.
   1. Nahrungsreaktionen
      a) mit normalen Tieren,
      b) mit Tieren, denen die innere Antenne amputiert wurde,
      c) denen die äußere Antenne amputiert wurde,
      d) denen beide Antennen amputiert wurden,
      e) denen die Mandibel amputiert wurde.
   2. Reaktionen auf chemische Substanzen.

Tangoreception.

Bemerkungen und Experimente mit *Niphargus* und *Gammarus*.

Einleitung.

Im Studium der Lebensgewohnheiten der verschiedenen Tierordnungen bestehen noch trotz der vielen Arbeiten, die in den letzten Jahren ausgeführt worden sind, große Lücken, und es ist eine verhältnismäßig kleine Zahl von Formen, deren Verhalten und Lebensgewohnheiten genauer studiert sind. Die Kenntnis von dem Benehmen eines Tieres ist für die allgemeinen Lebenserscheinungen fast so wichtig wie diejenige von seinem Bau und Entwicklung, und doch war bis in die letzte Zeit das Studium des Verhaltens lebendiger Organismen fast vollständig vernachlässigt.

Das Leben der Protozoen ist analysiert in den Werken von Verworn und von Jennings, der Echinodermen von Preyer, eine vollständige Analyse des Lebens der Planarien exklusive der Reaktionen gegen das Licht ist in dem großen Werk von Pearl gegeben. Doflein hat in seinen: „Lebensgewohnheiten und Anpassungen bei decapoden Krebsen“ eine gesamte Biologie, speziell

die Funktion der Sinnesorgane der höchst entwickelten Crustaceen, der Garneelen und Galatheiden, geschrieben. Die hohen und ganz unerwartet ausgebildeten Sinnesempfindungen bei diesen Tieren haben den Wunsch erweckt, die Kenntnis davon zu bekommen, in welchem Maß diese Entwicklung der Sinneswahrnehmungen und der damit verbundenen psychischen Erscheinungen in der Klasse der Crustaceen vor sich gegangen ist, und wie sich in dieser Hinsicht die hochentwickelten Decapoden von den niedrigsten Malacostraken unterscheiden.

Dieser Idee folgend, habe ich, angeregt von meinem verehrten Lehrer Herrn Prof. Doflein, die Untersuchung der Lebenserscheinungen und des Baues mancher sinnestragender Organe der Süßwasser-Arthrostraken begonnen, wobei ich mich fast ausschließlich auf die eine Art *Asellus aquaticus* beschränkte und nur einige beiläufige Experimente mit *Gammarus pulex* und *Niphargus puteanus* durchgeführt habe. Da ein Teil der Versuche dem chemoreceptorischen Sinn gewidmet ist, der, nach der allgemeinen Ansicht, seinen Sitz, wenigstens für die Fernwahrnehmungen, in den 1. Antennen hat, wurde an die biologischen Experimente eine anatomische Untersuchung der 1. Antenne bei *Asellus aquaticus* angeschlossen.

Für die freundliche Leitung der Arbeit und für viele Ratschläge bin ich Herrn Prof. Doflein zum allerherzlichsten Dank verpflichtet. Ebenfalls möchte ich meinen herzlichsten Dank Herrn Prof. Schleip für manchen Rat aussprechen. Auch Herrn Dr. Balss bin ich für sein ständiges Entgegenkommen sehr dankbar.

Vorkommen.

Das Material, mit welchem ich die biologischen Versuche angestellt habe, war:

1. *Asellus aquaticus* aus dem Tümpel im Garten des Zoologischen Instituts und aus dem Botanischen Garten in München; 2. *Gammarus pulex* von der Würm zwischen Mühltal und Leutstetten bei München; 3. *Niphargus* von der Falkensteiner Höhle bei Urach und von einem Brunnen in Freising.

Asellus ist fast überall in kleinen Tümpeln mit stehendem Wasser verbreitet, hauptsächlich in den sehr flachen Partien, wo er im Schlamm auf den Wasserpflanzen oder auf der Unterseite herabgefallener Blätter sitzt. Was nun das reichere Auftreten in verschiedenen Jahresperioden anlangt, so konnte ich bei *Asellus* folgendes konstatieren: in den Wintermonaten Januar und Februar habe ich

immer eine nicht allzu kleine Menge der Tiere leicht bekommen, in den Frühlingsmonaten fand ich eine außerordentlich große Zahl, die sich vom Anfang Juni ab wesentlich vermindert hat und in den Sommermonaten ihr Minimum erreichte. Im Herbst herrschte auf den herabgefallenen Rüster- und Eichenblättern wieder ein großer Tierreichtum, und in dieser Zeit fand ich die größten Exemplare. Im allgemeinen ist aber *Asellus* leicht in jeder Jahreszeit aufzufinden.

Im Gegensatz dazu ist *Gammarus* viel schwieriger und meistens nur in der Frühlings- und Sommerszeit zu bekommen. Er hält sich in ziemlich stark fließenden Gewässern, jedoch in den weniger von der Strömung beherrschten Stellen auf und sitzt meistens auf der Unterseite größerer Steine.

Niphargus fand ich im September in der Falkensteiner Höhle, riesige bis 3 cm große Tiere, die sich am steinigen Ufer der fließenden Elzach bewegten.

Verhalten von *Asellus* in Aquarien.

Asellus, welchen ich mehr als ein Jahr hindurch gezüchtet habe, ist ein für die Züchtungsversuche sehr geeignetes Tier, indem er sich in Aquarien gut hält und keiner allzu großen Pflege bedarf.

Um die natürlichen Verhältnisse zu schaffen, habe ich den Boden des Aquariums mit etwas Schlamm bedeckt und ins Wasser zahlreiche meistens vertrocknete Eichen-, Rüstern- und Ahornblätter hineingelegt, die als Nahrung gedient haben. Die Sauerstoffzufuhr zum Wasser besorgten einige Wasserpflanzen, wie Myriophyllum, Elodea u. a. Wenn ich jeden dritten Tag das Wasser wechselte, war eine besondere Sauerstoffversorgung nicht mehr absolut notwendig.

Hält man die Tiere in einem Aquarium, dessen Boden nur mit reinem Brunnenwasser bedeckt ist, so sammeln sie sich an den Ecken und den Rändern des Gefäßes an, öfters in unmittelbarer Nähe voneinander sich aufhaltend, wobei sie zu einem größeren Haufen geradezu verkleben. Oft bilden sie dabei an den Ecken eine vertikale Säule, in welcher die sich oben befindenden Individuen nicht selten außerhalb des Wassers an der Glaswand sitzen und sogar durch starkes Wasserschütteln nicht aus der Ruhe gebracht werden (Textfig. A).

Die unter natürlichen Verhältnissen gehaltenen Asellen sitzen gewöhnlich auf der Unterseite der Blätter. Diese Tendenz könnte

einerseits durch Bevorzugung einer schattigen Stelle erklärt werden, worauf wir genauer in dem optischen Teil eingehen werden; außerdem auch, wie es Wege erklärt, durch besser geeignete Ernährungsverhältnisse, da die Unterseite der Blätter eine weniger starke Cuticula besitzt als die Oberseite. Es scheint mir jedoch, daß es sich hier neben dem Schutzbedürfnis um eine Gewohnheit der Tiere handelt, die mit einem mehr für diese Lage geeigneten Bau der Extremitäten, besonders der letzten Pleopoden, in Zusammenhang steht, worüber wir bei Besprechung der Tangoreception in eingehender Weise eine Erklärung zu geben versuchen werden.

Einige Versuche erklärten mir nämlich, daß das Aufsuchen der Unterseite der Blätter unabhängig von den 2 ersten Faktoren stattfindet. Die Tiere, welche in vollkommen dunklen Stellen gehalten wurden, zeigten genau dieselbe Tendenz: auch wenn ich einige Exemplare auf das mit der Unterseite nach oben gewandten Blatt setzte, begaben sie sich bald auf die andere nach unten gewandte Seite. In dieser Lage sitzen die Asseln oft sehr lange Zeit unbeweglich, und die Ruhe wird nur manchmal durch leichte Antennenbewegungen unterbrochen.

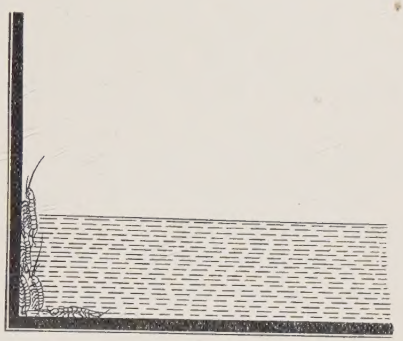


Fig. A. Versammlung der Asseln in einer Ecke des Aquariums.

Eine bestimmte Periodizität der Bewegungen konnte ich bei *Asellus* nicht wahrnehmen, meistens sind es immer Reize, wie Wasserschütteln, Beleuchtung usw., die das Tier aus der Ruhelage auftreiben. Es werden immer im Aquarium diejenigen Stellen aufgesucht, welche nicht direkt von Lichtstrahlen beeinflußt sind. Alle Funktionen des Tieres werden ebenso bei Tag wie nachts ausgeführt, es scheint aber in der Dunkelheit eine Steigerung der Funktionen einzutreten, allerdings nicht bei vollkommenem Lichtmangel, sondern bei Abschwächung der direkt auf die Tiere wirkenden Lichtstrahlen. Das ganze Benehmen der Asseln deutet darauf hin, daß es sich um Dämmerungstiere handelt.

Die Empfindlichkeit scheint bei *Asellus* ziemlich bedeutend zu sein. Wenn das Tier auf der Seitenwand eines flachen, mit wenig Wasser gefüllten Aquariums sitzt und das Aquarium dabei langsam

dem Boden entlang verschoben wird, wobei nur ganz leichte Strömungen erzeugt werden, so reagiert *Asellus* mit einer Bewegung der Antennen, die Beine bleiben noch in vollkommenem Stillstand. Erst bei stärkeren Erschütterungen des Gefäßes setzen sich die Tiere in Bewegung.

Wenn man einen Gegenstand, z. B. einen Glasstab oder eine Nadel, an der vorderen Seite des Tieres ins Wasser bringt und ihn in einer Entfernung von nicht mehr als 1 cm von dem Tier hinab zum Boden führt, reagiert es zunächst durch einen Rückstoß auf 1—2 cm, wobei die 2 letzten Thoracalbeine nach rückwärts geschoben werden, während die übrigen kürzeren Beine sich etwas in die Höhe heben. Wenn das vordere Ende des Tieres, z. B. die Spitze der kleinen Antenne, einigemal mit einer Nadel oberflächlich berührt wird oder wenn man die Antenne zur Seite schiebt, so erfolgt oft gleich nach dem Berühren eine Krümmung des ganzen Kopfabschnitts abwärts unter die Brust.

Diese Schutzreaktion bringt oft große Schwierigkeiten beim Amputieren mit sich, da die Antennen zusammen mit dem Kopf auf die ventrale Thoraxseite verlagert werden, so daß es unmöglich ist, sie ohne starke Verletzung des Tieres zu entfernen.

Diejenigen Reize, welche nicht in unmittelbarer Nähe, sondern im weiteren Abstand ausgeführt werden, wie z. B. auf der Oberfläche eines 5 cm hoch mit Wasser gefüllten Aquariums, werden von den Tieren durch ein beschleunigtes Vorwärtsgehen beantwortet.

Sehr charakteristisch sind die Störungen des Zentralnervensystems, welche *Asellus* erfährt, wenn man ihn nach einigen Minuten oder längerer Zeit eines Verbleibens außerhalb des Wassers, mittels eines Spatels oder einer Feder ohne ihn irgendwie zu verletzen, wieder ins Wasser zurückbringt: er bleibt dann ohne Bewegung eine gewisse Zeit auf der dorsalen Seite liegen, und nur ein Schlag der Pleopoden deutet darauf hin, daß wir es mit einem noch lebenden Tier zu tun haben. Es dauert manchmal einige Minuten, bis es plötzlich rasche Bewegungen der Thoracalfüße auszuüben beginnt und in die normale Lage sich umzudrehen versucht.

Es ist oft interessant zu sehen, nachdem man die Asseln einige Zeit in einem pflanzenlosen Aquarium gehalten hat und nun ein kleines Blättchen oder eine Wasserpflanze ins Wasser hineingelegt hat, wie sich nach einer gewissen Zeit alle Tiere um das kleine Blättchen gruppieren und bei größerer Zahl es vollständig umgeben. Bei diesen Tieren, die in reinem Brunnenwasser gezüchtet werden

tritt die Secretion einer schleimigen Substanz ein. Es erscheint eine klebrige Masse, welche nach einiger Zeit vollständig den Boden des Aquariums bedeckt. Unter normalen Verhältnissen bei Anwesenheit der Pflanzen wird sie in viel geringerer Menge ausgeschieden. Die Secretion nimmt, wie es auch Pearl bei Planarien konstatiert hat, mit der Erregung des Tieres zu und wird auf der ventralen Seite, meistens, wie es scheint, von den Gelenken zwischen den Gliedmaßen und den Körpersegmenten, produziert. Ich habe die Ursache, deren Produkt die Substanz darstellt, bis jetzt nicht näher untersucht und die Lage der hier wahrscheinlich in Betracht kommenden Drüsen noch nicht festgestellt. Bei den Landasseln (*Porcellio*) wurden von Lereboullet Drüsen nachgewiesen, die eine klebrige Substanz produzieren und die ihren Sitz am Ursprung des Basalgliedes der Gliedmaßen im hinteren Teile des Postabdomens haben.

Die Asseln sind in ihrem Benehmen nachts lebhafter als am Tage. Abends sieht man viel öfters die Tiere im Aquarium längere Zeit herummarschieren, ohne daß sie an einen bestimmten Gegenstand sich anheften, während man am Tage, wenn man an das Aquarium herantritt, oft die zwischen den Blättern und Pflanzen versteckten Tiere im ersten Augenblick gar nicht zu sehen bekommt.

Die Bildung von Gruppen und Ansammlungen der Asseln tritt meistens ein, wenn sie einer Gefahr ausgesetzt sind, wobei fast alle an einem Ende des Gefäßes in der Ecke zur Ruhe kommen. Diese Reaktion kann zum Teil als Resultat des Lichteinflusses angenommen werden, zum Teil aber muß hier noch ein anderer Faktor mitwirken, der die oft so großen Zusammenballungen der Tiere verursacht. Ich habe dieselben Experimente unter verschlossenen Gefäßen durchgeführt, und es zeigte sich immer dieselbe Tendenz zur Gruppierung an einem bestimmten Punkt. Man wäre versucht, auf diese Erscheinungen Pearl's Satz anzuwenden, den er für Planarien aufgestellt hat: „we have, then, here a case of what appears superficially to be ‚social instinct'". Aber es können hier hauptsächlich tango- oder chemoreceptorische Faktoren in Betracht kommen.

Ruhestellung und Funktion der Extremitäten bei den Asseln.

Zur Ruhestellung kommen die Asseln, wie schon gesagt, in wenig beleuchteten Stellen, am häufigsten auf der Unterseite der im Wasser schwimmenden Pflanzen. Selten geschieht es, daß die Krebse auf dem Boden des Aquariums einen längeren Aufenthalt nehmen.

In absoluter Ruhe berühren sie mit 6 oder mit 7 Paar Beinen den Boden, da das 1. Beinpaar nicht immer mit dem Boden oder dem Gegenstand, an welchem die Tiere sitzen, in Berührung kommt. Diese Thoracalbeine sind nach verschiedenen Seiten gerichtet: die 3 vorderen nach vorne, das mittlere senkrecht zur Körperebene und die 3 letzten nach hinten (Textfig. B). Jedes Bein besteht aus 5 Gliedern, die gewöhnlich so gelagert sind, daß das 1. unter den Brustsegmenten liegt und die anderen sich von seinem distalen Ende nach außen erstrecken. Die Länge der Beine ist sehr ungleich: die hinteren sind viel größer als die vorderen, so daß das letzte, 7. Bein oft 3mal so groß ist wie das 1. Auf die anatomischen Einzelheiten des Baues der Beine gehe ich hier nicht näher ein und verweise auf die ausführlichen Arbeiten von Sars, Rosenstaedt u. A. Eines ist aber für die biologischen Beobachtungen von Wichtigkeit, nämlich der verschiedenartige Bau der 1. Thoraxbeine bei ♂ und ♀. Beim ♂ ist das letzte Glied hakenartig verkrümmt und das vorletzte sehr verdickt, während beim ♀ die 2 letzten Glieder viel dünner sind (Taf. 1 Fig. 1 u. 2). Über die Funktion sei später berichtet. Die letzten Pleopoden, die vom vorletzten Abdominalsegment entspringen und aus einem Basalteil und 2 Ästen von gleicher Größe bestehen, sind in der Länge ungefähr dem Abdomen gleich. In der gewöhnlichen Lage bilden die 2 Pleopodenäste einen Winkel von ca. 60°, öfters habe ich aber den Winkel fast gleich einem rechten gesehen. Diese Pleopoden sind beim lebenden Tier meistens etwas nach oben gerichtet. Der eine Ast zieht in der lateralen Richtung zur Ver-

Fig. B. *Asellus aquaticus.*
Ansicht von oben.

längerung der Körperachse, der andere bildet mit ihm einen Winkel nach oben.

Der mittlere Teil der Assel steht auf einem höheren Niveau als der vordere und hintere, was durch die verschiedene Länge und Lage der Beine verursacht wird. Bei den Weibchen, welche bald Junge absetzen werden, sind die letzten Thoracalfüße mehr ausgestreckt und berühren den Boden nur an der Spitze (Textfig. C).

Fig. C. Ruhestellung des ♀ mit ausgebildetem Brutsack.

Fig. D. Ruhestellung von *Asellus*.

Die übrigen Tiere dagegen nähern sich und berühren manchmal den Boden mit den 3 letzten Thoracalfüßen an zwei Stellen, erstens an der Spitze und zweitens am Gelenk zwischen dem 3. und 4. Glied (Textfig. D). Das 2., 3. und 4. Beinpaar berühren auch bei allen Tieren den Boden nur an der Spitze, während das 1. nicht immer mit dem Boden in Berührung kommt.

Die großen (2.) Antennen werden in der gewöhnlichen Ruhestellung direkt nach vorn gerichtet, ihre Basalglieder weichen von der Längsachse des Körpers ca. um 30° ab, die Geißel wird aber oft so gebogen, daß die Antennenspitze am distalen Ende des 5. Thoraxbeines liegt. Was nun den Bau der 2. Antenne betrifft, so konnte ich die Resultate von Wege bestätigen, besonders möchte ich aber die Richtigkeit seiner Beschreibung der Basalglieder hervorheben, nämlich daß der basale Teil aus 6 Gliedern, nicht aus 5, besteht, wie es von allen früheren Forschern beschrieben war. Tatsächlich ist das Gelenk zwischen dem 1. und 2. Glied oft unvollständig und nur auf einer Seite sichtbar; doch wie aus vielen Präparaten hervorgeht, ist die mehr oder weniger erkennbare Trennung dieses Gliedes von den übrigen nicht zu bezweifeln. Diese 2. Antennen

besitzen eine ganz enorme Bewegungsfähigkeit und können sich in allen Richtungen von der medianen weit über die sagittale Körperachse hin erstrecken. Die Antenne kann so geknickt werden, daß der basale Teil mit der Geißel einen scharfen Winkel bildet; innerhalb des Schaftes selbst ist die Krümmungsfähigkeit noch viel größer: Das 5. Basalglied kann mit dem 6. einen sehr spitzen Winkel bilden, wobei die Antenne ganz nach rückwärts gerichtet wird.

Die starken Beugungen der Antenne erfolgen genau in denjenigen Teilen, die als Bruchgelenke ausgezeichnet sind. Dieselben kommen an 2 Stellen der Antenne vor, einer zwischen dem 3. und 4. und einer zweiten zwischen dem 5. und 6. Glied. Sie werden mikroskopisch dadurch von anderen Gelenken unterschieden, daß, nach den Untersuchungen von Wege, die innere dicke Schicht des Chitins hier plötzlich verschwindet und nur die dünne äußere übrig bleibt, welche das Gelenk von außen umgibt.

Im Gegensatz zu der 2. ist die 1. Antenne, mit deren morphologischem Bau wir uns später genauer beschäftigen werden, wenig beweglich. Sie wird im Ruhezustand des Tieres mehr lateralwärts gehalten und besitzt fast keine Krümmungsfähigkeit. Wenn man die Spitze dieser Antenne mit einer Nadel berührt und sie aus der normalen Lage bringt, kehrt sie sofort ohne irgendwelche Bewegungen, wohl durch Elastizität, in ihre frühere Stellung zurück.

Wenn in der Umgebung der Tiere, die sich im Ruhezustand befinden, ein schwacher Reiz ausgeübt wird, so nehmen sie eine Stellung ein, die Doflein bei den *Leander*-Arten Bereitschaftsstellung nennt. Diese Körperstellung ist bei den Asseln dadurch charakterisiert, daß die Antennen dabei zunächst nach oben und gleich darauf nach hinten gerichtet werden und die 3 letzten Thoraxfüße nur mehr an der Spitze den Boden berühren (Textfig. E).

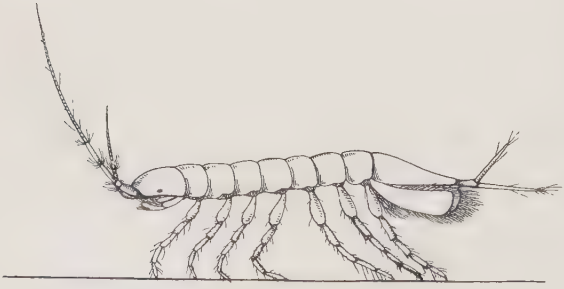


Fig. E. Bereitschaftsstellung von *Asellus*.

Wird der Reiz stärker, so tritt der Bethe'sche Aufbäumereflex

ein, bei welchem die Beine noch mehr ausgebreitet sind; die 2. Antennen werden bald nach oben, bald zur Seite gerichtet und führen fast unaufhörliche halbkreisförmige Bewegungen aus. Diese Bewegungen finden auch ununterbrochen beim Gehen des Tieres statt, und nur an den Stellen, wo *Asellus* seine Bewegungen verlangsamt, werden die Antennenspitzen dem Boden genähert und der ganze Kopfabschnitt etwas nach unten gebeugt. In dieser Lage scheinen die Tiere etwas Bestimmtes aufzusuchen, bewegen sich sehr langsam und werden durch mechanische Reize nicht so leicht beunruhigt wie bei vollständigem Ruhezustand. Merkwürdig ist, daß die inneren Antennen dabei nicht nach unten gerichtet sind, sondern fast senkrecht auf dem nach unten gebeugten Kopf stehen (Textfig. F).

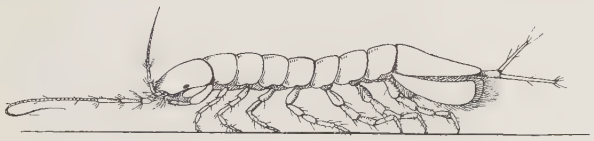


Fig. F. Suchstellung von *Asellus*.

Die Funktion, welche die Antennen ausüben, werden wir genauer bei der Besprechung der Chemo- und der Tangoreception schildern; jetzt sei nur berichtet, daß die beschränkte Definition der inneren Antennen als des ausschließlich geruchstragenden Apparats nicht vollkommen den biologischen Experimenten entspricht.

Die Thoraxbeine üben nicht alle die gleiche Funktion aus: während das 1. Paar, das die Richtung der Mundgliedmaßen besitzt, echte Angriffswaffen darstellt und die Funktion von Händen hat, werden die 6 anderen Thoraxbeine ausschließlich zur Bewegung verwandt.

Die Abdominalbeine nehmen mit Ausnahme des letzten Paares die Stelle der Kiemen an, indem sie mit der Atmung in Verbindung stehen. Ihre Zahl ist beim ♂ 5, beim ♀ 4, von denen das 1. Verschiedenheiten im Bau bei ♂ und ♀ zeigt. Beim ♀ sind sie fast kreisrund und am Rande von Haaren bekränzt, beim ♂ viel schmäler und eine längliche Form besitzend (Taf. 1 Fig. 3 u. 4. Das 2. Paar ist nur beim ♂ entwickelt. Sars betont, daß es eine Rolle bei der Copulation spielt. Die 3. nächsten Abdominalfüße sind in beiden Geschlechtern gleich entwickelt und dienen ausschließlich der Atmung.

Die Funktion der letzten Abdominalextremität, des griffelförmigen Pleopoden, ist nicht ganz klar. Man kann nach den zahlreich an ihm befindlichen Fiederborsten annehmen, daß es in erster Linie die Tastempfindungen sind, welche diesem Pleopoden zufallen. Wegen ihrer nach oben gerichteten Lage kann die Spitze des oberen Astes dann am leichtesten mit einem Gegenstand in Berührung kommen und somit vielleicht eine sichrere Stellung für das Tier verschaffen, wenn die Asseln auf der Unterseite der Blätter sitzen. Beim Gehen berühren die letzten Pleopoden den Boden nie, sie haben jedoch beim Schreiten der Asseln eine wesentliche Bedeutung, indem sie das Gleichgewicht des Körpers erhalten.

Bei der Aufrechterhaltung des Tieres werden die Pleopoden sehr unbedeutend bewegt und geklappt, die Pleopodenschläge treten dagegen deutlicher auf, wenn man die Tiere von einem Aquarium, in welchem das Wasser schon länger steht, in ein mit frischem Brunnenwasser gefülltes bringt, wobei auch die Temperatur etwas gewechselt wird. In diesen Verhältnissen werden 2—3 Schläge in einer Sekunde gegeben, in 30 Sekunden habe ich 65 Schläge gezählt. Am deutlichsten tritt aber der Pleopodenschlag hervor, wenn das Tier verletzt ist oder aus irgendeiner anderen Ursache zugrunde geht und keine Bewegungsfähigkeit mehr besitzt. Die Lamellen heben sich dann sehr bedeutend, und der Schlag geschieht 2—4mal in der Sekunde.

Einigemal habe ich eine besondere Krümmung des Abdomens gegen den Thorax beobachtet, nämlich als das Tier sich zwischen der Häutung der hinteren und der vorderen Hälfte des Körpers befand. Es hat dann ununterbrochen Bewegungen und Krümmungen des Abdomens ausgeführt, indem es mit den 1. Thoraxbeinen an einem herausschwimmenden Elodeablatt befestigt war und mit dem Abdomen frei ins Wasser hing.

Farbe.

Die Färbung variiert bei verschiedenen *Asellus*-Individuen sehr; ich kann aber nicht behaupten, wie es Sars annimmt, daß sie bei den älteren Individuen stets dunkler wäre als bei den jungen. Zum Teil ist die Annahme richtig, da die frisch aus dem Brutsack ausgestülpten Embryonen immer ganz pigmentlos sind, schon in der 1. oder 2. Woche bekommen sie eine Farbe, die für das ganze Leben meistens entscheidend ist. Jedoch habe ich die Bemerkung gemacht, daß trotz vieler beobachteter Abweichungen eine Differenz in der

Färbung beim ♂ und ♀ besteht. Die ♂♂ sind im allgemeinen heller und besitzen fast immer einen Stich ins Bräunliche, während die ♀♀ sehr selten diesen gelblich-bräunlichen Ton erkennen lassen und meistens viel dunkler, grauschwarz, gefärbt sind. Es weicht auch bei ihnen die Farbe von dem Mitteltypus sehr wenig ab; nie habe ich ein vollkommen gelbes oder bräunlich-gelbes gesehen, immer ist es die im Schlamm oder auf den Blättern wenig auffallende grauschwarze Pigmentierung. Die ♂♂ sind dagegen in verschiedenen Tönen, von goldgelbem bis zu braunschwarzem, gefärbt. Von den beiden copulierenden Individuen ist fast immer das ♀ dunkler.

Die letzten Pleopoden und die Thoraxbeine haben meistens ganz gleiche Färbung, die Antennen manchmal eine etwas hellere, was mit den öfters in der Natur erscheinenden Regenerationen derselben in Zusammenhang zu bringen ist.

Auf der Oberfläche des Tieres, hauptsächlich auf der dorsalen Seite, ist das Pigment unterbrochen und läßt deutliche viel hellere Partien dazwischen erkennen. Diese helleren Partien des Tieres sind schon nach den Beobachtungen von Sars auf bestimmte Stellen verteilt. Sie sind symmetrisch auf den zwei Seiten der Medianlinie gelagert und zeigen bei den meisten Individuen die gleiche Struktur. Die Medianlinie wird vom 5. Thoraxsegment an von beiden Seiten mit helleren, fast goldglänzenden Bändern umgeben, die am Abdomen besonders deutlich werden und oft einen kontinuierlichen Streifen bilden. An den 3 letzten Brustsegmenten sind sie als einzelne Flecken an der Medianlinie vorhanden. Am lateralen Rand finden sich beiderseits fast an allen Segmenten dieselben helleren Flecken. Außerdem liegen sie noch am Kopf gleich unter den Augen. Bei einigen Tieren fand ich am rechten Lateralrand des 2. Brustsegments einen großen schwarzen Fleck. Die Medianlinie ist fast immer vollständig schwarz, am Abdomen fehlt öfters diese schwarze Färbung.

Die eben beschriebenen Eigentümlichkeiten der Färbung beziehen sich größtenteils nur auf die ♂♂ und sind bei den ♀♀, die eine mehr gleichförmige grauschwarze Färbung besitzen, nicht so deutlich zu unterscheiden.

Die Färbung der Tiere ist durch das Chitin und die Epidermis bedingt. Die Epidermis ist vollständig mit Pigmentkörnchen besetzt, die die Form kleiner runder Kügelchen haben und an einzelnen Stellen zu großen Klümpchen zusammengedrängt sind. Die Extremitäten werden fast ausschließlich von der Epidermis aus gefärbt,

in welcher hier ein feines sich vielfach verästeltes Netz von schwärzlichen, oft ins Rötliche übergehenden Körnchen gebildet wird. Am schönsten kann man diese Pigmententstehung bei einem frischen Regenerat verfolgen. Ich habe diese Entwicklung an der kleinen Antenne beobachtet. Zunächst färben sich die lateralen und medialen Seiten im ganzen Glied, und von ihnen aus verbreitet sich das Netz ins Innere des Gliedes. Die Pigmentierung ist in den Antennen immer schwächer, je mehr wir uns der Antennenspitze nähern. Die letzten Geißelglieder sind sogar bei vollständig ausgebildeten Antennen sehr schwach gefärbt.

Außer der Epidermis verursachen im Chitin liegende Körnchen die Färbung. Besonders deutlich kann man die Chitinfärbung nach der Häutung erkennen, wenn man die abgeworfenen Panzer untersucht. Sie sind mit vielen, allerdings ziemlich weit voneinander liegenden gelbbraunen Körnchen gefüllt. Oft ist diese Struktur sehr gut makroskopisch sichtbar. Wenn der Panzer in Alkohol gelegt wird, färbt er sich zunächst rosa, dann wird er fast rot.

Im Laufe des Lebens wird, wie ich schon gesagt habe, die Farbe der Asseln wenig verändert. Eine ausgesprochene Änderung tritt aber sehr bald nach dem Tode ein, indem zunächst die graue Unterseite, dann auch die obere ein intensiv rotes Aussehen annimmt. Besonders deutlich wird diese Färbung an den Extremitäten.

Wenn man das tote Tier länger im Wasser liegen läßt, bleibt die rote Färbung erhalten, wenn es aber vom Wasser in Alkohol gebracht wird, verschwindet sie teilweise wieder.

Diese Rotfärbung scheint dadurch bedingt zu sein, daß die in der Epidermis befindlichen Pigmentkörnchen aufgelöst werden und sich als eine rötliche Zone über die Extremitäten und die Unterseite verteilen; auf der dorsalen Seite, wo die Färbung meistens vom Chitin abhängig ist, welches hier eine dickere Schicht bildet, wird diese postmortale Veränderung auch weniger deutlich. Ich habe einige Experimente angestellt, um mich zu überzeugen, ob die verschieden gefärbten Individuen, die goldgelben bis braunschwarzen, einen bestimmten Untergrund zum Aufenthalt vorziehen. Wenn das Aquarium mit Blättern des Ahorns, von welchem ich 2 Varietäten, eine dunkelgrüne und eine grünlich-gelbe, gebraucht habe, bedeckt war und in dieses Aquarium verschieden gefärbte Individuen hineingebracht wurden, war die Anpassungstendenz meistens sehr wenig auffällig oder gar nicht wahrnehmbar. Diese wenig aus-

gesprochene Anpassungsfähigkeit läßt sich wohl mit der verhältnismäßig kleinen Zahl von Feinden, die die Asseln besitzen, erklären. Hauptsächlich sind es verschiedene Wasserinsecten und an flacheren Stellen, wo sich die Asseln mit Vorliebe aufhalten, die Hirudineen. Oft habe ich im Aquarium gesehen, wie eine Hirudinee die Asseln, besonders die sehr jungen Exemplare, tödlich verletzte.

Einen Fall bezüglich der Färbung und der Anpassung möchte ich hier nicht außer acht lassen. Anfang März 1911 habe ich in ein kleines rundes Glasgefäß von 20 cm Durchmesser 2 Individuen von *Asellus* hineingesetzt: ein auffallend gelbes ♂ und ein dunkelgraues ♀. Die Tiere fingen nach sehr kurzer Zeit zu copulieren an. Ende März hat das ♀ 57 junge Embryonen aus ihrer Bruttasche entlassen, und im Laufe des Aprils gingen die alten Tiere zugrunde. Die Nahrung war im Gefäß etwas mangelhaft, sie bestand aus einigen Eichenblättern. Das Gefäß war dabei dicht geschlossen. Die kleinen Asseln waren sehr lebhaft, blieben aber, in dem kleinen Gefäß gezüchtet, in ihrem Wachstum ganz zurück; keines von ihnen überschritt bis zum Anfang Dezember die Größe von 2,5 mm. Nun unterschieden sich diese kleinen Tiere sehr wesentlich in der Farbe vom gewöhnlichen Typus. Ihr ganzes Abdomen war goldglänzend und hatte ungefähr die Farbe, welche bei normalen Tieren die 2 hellen schmalen Längsstreifen seitlich von der Medianlinie besitzen. Der Thorax war dagegen normal grau-bräunlich gefärbt. Es bestand somit bei ihnen eine mangelhafte Ausbildung des Pigments im Abdomen. Im übrigen zeigten die Tiere keine besonderen Abweichungen. Da es 2 Faktoren sein konnten, die das Zurückbleiben im Wachstum bedingt haben, 1. der mangelhafte Raum und 2. die mangelhafte Nahrung, habe ich, um den 2. Faktor zu prüfen, von Mitte Dezember an den Tieren täglich einige Kartoffelkörnchen in das Gefäß hineingetan, die nach einiger Zeit aufgefressen wurden. Es erfolgte schon gleich in den ersten Tagen eine Reaktion: fast alle Tiere häuteten sich, einige von ihnen gingen dabei allerdings zugrunde. Die gehäuteten Tiere wiesen eine Vergrößerung des Körpers um 1 mm auf, die Färbung blieb bei ihnen noch fast die gleiche, obwohl die helleren Partien an Größe auf Kosten des bräunlichen Pigments zunahmen. Im Januar und Februar habe ich ebenfalls alle paar Tage etwas Nahrung in das Gefäß hineingeworfen, und die Tiere haben sich nur noch sehr wenig vergrößert. Ende März 1912 waren noch 18 Exemplare am Leben, von denen keines die Größe von 4 mm überschritten hat. Da die Tiere nach einem

vollen Jahr, trotz der in der letzten Zeit genügenden Nahrung, immer noch so bedeutend im Wachstum zurückblieben, glaube ich als Hauptgrund für dieses Zurückbleiben neben der mangelhaften Nahrung den kleinen Raum annehmen zu müssen.

Jedoch scheint das eine Experiment ungenügend zu sein, um allgemeine Schlüsse ziehen zu können.

Biologie des Geschlechtslebens.

Asellus aquaticus gehört zu den wenigen Krebsarten, die das ganze Jahr hindurch copulieren. Allerdings ist die Geschlechtstätigkeit nicht in allen Jahreszeiten gleich. Ich habe meine Untersuchungen von Mitte Dezember 1910 bis März 1912 durchgeführt, so daß ich das ganze Jahr die Tiere zu beobachten Gelegenheit gehabt habe. Ich kam hier zu anderen Schlüssen als viele frühere Autoren. In der Natur habe ich in den Wintermonaten Januar und Februar eine nicht allzu kleine Menge copulierender Individuen gefunden; im März und April kommt das Geschlechtsleben zur höchsten Entfaltung: fast alle Tiere befinden sich in Copulation. In den Sommermonaten fand ich auch ziemlich viele sich in der Geschlechtstätigkeit befindende Individuen, dagegen in den Monaten Oktober und November seltner. Von Mitte Dezember ab wurden die copulierenden Tiere wieder häufiger, was vielleicht auch damit in Zusammenhang zu bringen ist, daß das kleine Bassin im Garten des Zoologischen Instituts mit einem Holzdach zugedeckt wurde. Wenn ich die Tiere in den späten Herbstmonaten ins Aquarium gebracht habe und sie bei gewöhnlicher Zimmertemperatur hielt, begannen die meisten schon nach kurzer Zeit zu copulieren.

Den Vorgang der Copulation möchte ich hier etwas näher schildern. Das ♀ stellt, wie fast überall, das passive, das ♂ das aktive Element dar. Oft dauert es sehr lange, bis das ♀, welches vom ♂ verfolgt wird, zu copulieren sich anschickt. Es kommt oft zu einem lange dauernden Laufen längs den Seiten des Aquariums, wobei das ♀ beim Annähern des ♂ mit plötzlichen raschen Bewegungen vorwärts läuft und von dem ♂ gejagt wird. Wenn es schließlich vom ♂ ergriffen ist und mit seinen Thoracalbeinen festgehalten wird, legt sich das ♂ auf die Seite, meistens auf die rechte, und sucht mit raschen Bewegungen der Thoracalbeine das ♀ festzuhalten. Oft sind auch diese Bemühungen erfolglos, und das ♀ entweicht. In dieser Lage vor der Copulation tritt oft das Phänomen des Männchen-

kampfes ein, indem ein anderes ♂ sich bemüht dem zur Seite liegenden ♂ sein ♀ zu entreißen. Bei diesen Kämpfen konnte ich die Beobachtung machen, daß fast immer das mehr in gelblichem Ton gefärbte ♂ rascher als das dunklere zur Copulation kommt. Das eine Mal sind von 10 gelben, 10 dunkelbraunen ♂♂ und 10 ♀♀, die sich in den Frühlingsmonaten in einem Aquarium befanden, 6 gelbe und nur 2 braune ♂♂ zur Copulation gekommen, das andere Mal begannen von 12 gelben, 15 dunklen ♂♂ und 14 ♀♀ 8 gelbe und 3 braune ♂♂ zu copulieren, schließlich copulierten das 3. Mal von 15 gelben, 20 dunklen ♂♂ und 20 ♀♀, 9 gelbe und 4 dunkle ♂♂. Die gelben ♂♂ waren ungefähr gleichgroß wie die braunen. Im Copulationszustand sehen die Tiere folgendermaßen aus: das ♂ behält seine vollkommen normale Lage und umfaßt das ♀ mit dem 4. Paar seiner Thoracalbeine; doch tritt dieses Festhalten nur in den ersten Phasen auf; später kommen die Beine des ♂ auch in die normale Lage, während das ♀ ganz ruhig unter dem ♂ sitzt. Dabei hat das ♀ eine verkrümmte Haltung, indem der Kopf und die 2 letzten Brustsegmente nach unten gebeugt sind. Der hintere Abdomenteil des ♀ reicht über den des ♂ etwas hinaus, während der vordere Teil des ♀ sich meistens nicht weiter als bis zum 3. oder 4. Brustsegment des ♂ erstreckt.

In solcher Lage verbleiben die Tiere eine sehr variable Zeit; die längste Zeit, die ich beobachtet habe, betrug 12 Tage, meistens aber dauert der Zustand 6—8 Tage. Das ♂ sucht einen bestimmten Moment für die Ejaculation des Spermas und legt sich auf die Seite; das unter ihm sich befindende ♀ nimmt auch eine Seitenstellung an, so daß die Tiere Bauch an Bauch gegeneinander gelagert sind. Nach der Ejaculation kommen sie wieder in die frühere Lage und verbleiben oft noch längere Zeit zusammen bis zur beginnenden Häutung des ♀. Stets, nachdem die Tiere auseinander gegangen sind, häutet sich das ♀. In dieser mehrtägigen Lage fressen die Tiere genau so wie sonst, sind aber auf alle Reize viel empfindlicher als im gewöhlichen Zustand. Bei jedem kleinen mechanischen Reiz erfolgt eine äußerst rasche Flucht, auch ist die Tendenz des Aufenthaltes in den Ecken des Aquariums größer, wobei der Vorderteil des ♂ oft aus dem Wasser heraus reicht.

Ich habe versucht festzustellen, in welcher Zeit nach der beendeten Copulation das ♂ und das ♀ wieder copulationsfähig sind. Eine nach normaler Beendigung der Copulation das 2. Mal statt-

findende Begattung des ♂ mit demselben ♀ habe ich nie gesehen. In den meisten Fällen ist das ♀ von der Zeit einer beendeten Copulation bis zur Geburt der Jungen copulationsunfähig. In einigen wenigen Fällen habe ich jedoch gesehen, daß das ♀ einige Tage nach der Copulation mit schon ausgebildetem Brutsack zu copulieren begann. Nur einmal konnte ich beobachten, wie ein ♀, welches sich 8 Tage in Copulation befand, an demselben Tag nach Beendigung derselben mit einem anderen ♂ zu copulieren begann, allerdings fand ich es am 3. Tage nach der neuen Copulation tot im Aquarium.

Beim ♂ ist es in der Regel anders; dieses kann nach einem beendeten Copulationsakt sehr bald, öfters sofort, in eine neue Copulation eintreten. Schon in den ersten Tagen (es vergehen meistens 2—3 Tage) nach beendeter Copulation kommt es beim ♀ zur Ausbildung des Brutsackes, der äußerlich eine weiße bis grünliche Farbe hat, sich allmählich vergrößert, bis schließlich nach 3—4 Wochen mit einer Häutung des ♀ die Embryonen in Freiheit gesetzt werden und als kleine weiße Punkte auf dem Boden des Aquariums umhergehen. Die Zahl der Embryonen, die ein ♀ hervorbringt, beträgt 50—60, meistens habe ich 55 Exemplare gesehen. Die kleinen Tiere entwickeln sich in größeren Aquarien bei reichlicher Nahrung gut, und nur selten gehen manche von ihnen zugrunde. Die kleinen Tiere sind vollkommen durchsichtig und besitzen eine Größe von 1—2 mm.

Häutung.

Das Wachstum der Asseln, wie aller übrigen Arthropoden, erfolgt im Zusammenhang mit den Häutungen der Tiere. Über den Verlauf derselben geben uns ausführliche Angaben Zuelzer und Wege. Letzterer bemerkt, daß das Nahen einer Häutung dadurch am Tier erkennbar ist, daß sich die Epidermis von der Körperdecke zurückzieht und einige Falten bildet und daß gleichzeitig von ihr die neue Chitinhaut ausgeschieden wird. Ich habe beobachtet, daß vor einer Häutung das Tier einen möglichst ruhigen Aufenthaltsort aufsucht, beim Annähern anderer Tiere und bei Störungen in der Umgebung sehr unruhig wird und schließlich seine hintere Chitindecke abstreift. In diesem Punkt stimmen alle Autoren überein, daß zunächst der hintere Teil abgeworfen wird, und zwar vom 5. Thoraxsegment an. Auch ich habe in allen Fällen das Platzen des Chitins zwischen dem 4. und 5. Thoraxsegment gesehen. Be-

merkenswert ist, daß diese Stelle nicht der Mittelpunkt der Körperlänge ist, sondern weiter vorn liegt, weshalb auch die hinteren abgeworfenen Chitinpanzer immer etwas größer sind. Diese 1. Halbhäutung habe ich sehr oft am Tage beobachtet, allerdings war die 2. Halbhäutung in diesen Fällen etwas verspätet. So ist bei einem Tier, welches um 12 Uhr mittags die 1. Halbhäutung durchgemacht hat, erst morgens am nächsten Tag der Panzer des vorderen Teils abgeworfen worden, während in den meisten Fällen die Häutung beider Körperhälften in einer Nacht geschieht.

Eine genaue Statistik der Häutungsintervalle habe ich hier nicht durchgeführt und verweise auf die von Wege aufgestellte Tabelle. Doch konnte ich bemerken, daß immer 15—20 Tage bei erwachsenen Individuen zwischen 2 Häutungen vergehen. Zu den 2 von Wege und Zuelzer aufgestellten Faktoren, die auf die Häutungsintervalle einen Einfluß ausüben, nämlich dem Alter der Tiere und der Temperatur, möchte ich noch einen hinzufügen, nämlich Mangel oder Fülle der Nahrung. Außerdem ist auch das Geschlechtsleben aufs innigste mit der Häutung verbunden.

Die 2 ersten Faktoren konnte ich in vielen Fällen bestätigen. Die älteren Tiere häuteten sich seltner als die jungen und die im warmen Zimmer gehaltenen öfter als die im kalten. Was nun den Einfluß des Geschlechtslebens anbelangt, so ist dessen Beziehung zur Häutung daran erkennbar, daß nach jeder beendeten Copulation eine Häutung des ♀ stattfindet und daß die nächstfolgende Häutung desselben meistens erst mit dem Ausschlüpfen der Embryonen zusammenfällt. Zwischen der Häutung der Hinter- und der Vorderhälfte nimmt oft das Tier die schon bei Beschreibung der Abdomenbewegungen erwähnte Stellung ein, wobei es sich mit den 1. Thoracalbeinen an einen im Wasser schwimmenden Gegenstand anheftet und die Krümmungsbewegungen des Abdomens ausführt. Als den nächsten wichtigen Faktor bezeichne ich hier den Nahrungseinfluß. Das eine Experiment habe ich schon beim Beschreiben der Farbe besprochen, in welchem die mangelhafte Ernährung neben dem kleinen Raum als Ursache des Zurückbleibens im Wachstum aufgestellt wurde. Ein 2. Experiment, bei welchem ich die Zahlen genauer angeben kann, bezog sich auf Tiere, die in größeren Gefäßen isoliert mit wenig Nahrung gezüchtet wurden. Für diesen Versuch habe ich 10 Tiere gebraucht, die sich in folgenden Zeiten gehäutet haben.

Tabelle I.

Häutungsintervalle von *Asellus* bei mangelhafter Nahrung.

No. 1.	7./10.	29./10.	24./11.	27./12.
„ 2.	5./10.	24./10.	16./11.	12./12.
„ 3.	9./10.	30./10.	22./11.	—
„ 4.	10./10.	2./10.	24./11.	20./12.
„ 5.	12./10.	5./10.	—	—
„ 6.	12./10.	3./10.	26./11.	21./12.
„ 7.	15./10.	5./11.	24./11.	—
„ 8.	16./10.	9./11.	30./11.	22./12.
„ 9.	18./10.	10./11.	2./11.	27./12.
„ 10.	21./10.	14./11.	5./11.	—

Zuelzer und Wege behaupten, daß außer den natürlichen Faktoren noch die Amputation der Gliedmaßen einen Einfluß auf die Häutung hat, daß sie nämlich eine Beschleunigung der Häutungen verursacht. Ich habe allerdings nur die Amputationsversuche mit der kleinen (1.) Antenne durchgeführt, auf die ich bei Besprechung der Regeneration zurückkomme, konnte aber in diesen Fällen keinen Einfluß wahrnehmen. Viele Tiere, welchen ich die kleine Antenne amputiert habe, häuteten sich erst 15 Tage nach der Operation, obwohl von der letzten Häutung bis zur Operation schon 4 Tage verflossen sind.

Regeneration.

Da mich im Laufe meiner Untersuchungen die 1. Antenne bei *Asellus* hauptsächlich interessiert hat, weil sie den Hauptsitz des Geruchsinnes darstellt, so war ich öfters beim Ausführen meiner chemoreceptorischen Experimente genötigt, an einer bestimmten Zahl von Tieren Amputation derselben vorzunehmen, und so hatte ich Gelegenheit, bei der noch wenig untersuchten 1. Antenne einige Fälle des Regenerierens genau zu beobachten. Die Regeneration der großen (2.) Antenne ist in allen Details von Wege beschrieben worden, und ich konnte auch in sehr vielen Fällen seine Resultate bestätigen.

1. Methode beim Operieren des Tieres.

Die Amputation der 1. Antenne stößt auf viel größere Schwierigkeiten als die der 2. Wenn das Tier vom Wasser mittels eines

Spatels oder einer Feder herausgenommen wird, bleiben die kleinen Antennen meistens mit den großen verklebt, so daß man sie zunächst mittels eines Pinsels auseinander legen und, um die großen Antennen unbeschädigt zu lassen, weit nach der lateralen Seite zu richten muß. Da sich das Tier oft sehr lange Zeit nicht beruhigt, habe ich in einigen Fällen eine schwache Narkose angewandt, indem ich einige Sekunden ein Stück Watte, das mit Chloroform übergossen war, vor die Mundöffnung des Tieres hielt. Dasselbe wurde dadurch vollkommen gefühllos, und ich konnte, wenn ich einen bestimmten Punkt der Antenne im Auge hatte, mit voller Sicherheit die Amputation durchführen. In den meisten Fällen jedoch, wo ich nur die Geißel amputieren wollte, habe ich an dem Tier außerhalb des Wassers in seiner normalen Stellung die Operation vollzogen. Zur Operation brauchte ich eine feine Schere, öfters habe ich auch das Skalpell benutzt, um den Selbstamputationspunkt festzustellen.

2. Das Verhalten der Tiere bei und nach der Operation.

Das narkotisierte Tier, welches unmittelbar nach der Operation wieder ins Wasser gebracht wurde, blieb zunächst einige Sekunden im Wasser auf der dorsalen Seite liegen, erholte sich aber nach sehr kurzer Zeit wieder und verhielt sich vollkommen normal.

Wenn man dagegen einem nicht narkotisierten Tier die 1. Antenne in einem beliebigen Punkt abschneidet, so reagiert es, falls die Wunde nicht zu stark ist, mit einer plötzlichen Beunruhigung des ganzen Körpers und setzt sich in eine beschleunigte schreitende Bewegung. Die Reaktion ist viel ausgesprochener, und das Tier wird viel unruhiger, als bei der Entfernung der 2. Antenne, wo es meistens eine sehr geringe Schmerzreaktion zeigt.

Oft wird gleich nach der Ausführung des Schnittes der Kopf unter die Brust gebeugt, manchmal erfolgt diese Reaktion schon früher, wenn die kleine Antenne nur einigemal berührt wird.

Das so gereizte Tier bleibt, nachdem man es wieder ins Wasser gebracht hat, vollkommen normal und zeigt im allgemeinen Benehmen keine wesentlichen Störungen. Trotzdem ist der Schmerz der Wunde längere Zeit noch sehr kräftig. Oft habe ich beobachtet, wie das Tier mit seinen 1. Thoracal- oder Kieferfüßen andauernd die Wundstelle berührt hat, und man hatte den Eindruck, als ob es sich bemühen möchte, einen bestimmten Teil des übriggebliebenen Gliedes

zur Autotomie zu bringen. In einigen wenigen Fällen wurde nach längerer Zeit ein Teil der Antenne abgeworfen.

3. Autotomie.

Diese meine Beobachtung steht im Gegensatz zu denen anderer Autoren, die eine Autotomie der 1. Antenne nicht gesehen haben, was wahrscheinlich nur damit zusammenhängt, daß man sich speziell mit der Regeneration der 1. Antenne sehr wenig beschäftigt hat.

In der Natur sind die Regenerate der 1. Antenne im Gegensatz zur Häufigkeit der 2. Antenne sehr selten, was auch selbstverständlich ist, wenn man bedenkt, daß die 1. Antennen eine viel geschütztere Stellung als die 2. annehmen. Drückt man aber die Geißel der 1. Antenne mit einem stumpfen Gegenstand und wartet einen Moment, so erfolgt die Abreißung der Antenne meistens an einer und derselben Stelle, nämlich zwischen dem 2. u. 3. Basalglied, im Gelenk oder etwas distal davon. Ist die Amputation oberhalb dieser Stelle gemacht, so kommt das Tier immer wieder mit den Kieferfüßen an denselben Punkt und stellt hier die betreffende Extremität senkrecht zur Antenne. Dieses Gelenk, zwischen dem 2. u. 3. Glied, ist auch etwas tiefer eingeschnitten als die anderen Gelenke.

Die Autotomie der 2. Antenne erfolgt manchmal unmittelbar nach einer Verletzung des Gliedes; öfters vergeht aber, ebenso wie bei allen beobachteten Fällen an der 1. Antenne, eine längere oder kürzere Zeit dazwischen. Im ersten Fall stellt die Autotomie wahrscheinlich einen einfachen Reflexakt dar, eine Ansicht, die von zahlreichen Forschern, wie von Friedrich, der an Spinnen beobachtet hat, Godelmann an Heuschrecken u. A. verteidigt wird. In dem letzteren Fall würde nicht der Reiz der Verwundung die unmittelbare Auslösung des Reflexes der Autotomie bedeuten, sondern es würden sich noch eine kürzere oder längere Kette von Ursachen einschieben. In der Literatur sprach man dann, wenn die Autotomie erst längere Zeit nach der Verletzung erfolgte, öfters von willkürlicher Autotomie, was natürlich ein vollkommen falscher Standpunkt ist. In unserem Fall, bei der 1. Antenne, kann noch der Reflexakt dadurch beschleunigt werden, daß das Tier wiederholt seine Kieferfüße an die verwundete Stelle bringt. Da die 1. Antenne bei *Asellus* sich für die Autotomie sehr ungünstig erwiesen hat, indem von den 30 operierten Tieren nur 2 einen Antennenteil abgeworfen haben, habe ich versucht, an der größeren Antenne zu prüfen, ob nach Schädigung des Gehirnes noch die Autotomie

möglich ist. Dieser Versuch hat mir ein positives Resultat ergeben. Ich habe mit einer feinen Nadel 16 besonders großen (1,4 cm) dazu ausgewählten Tieren 2 Stiche dorsal in den Kopf gegeben und ihnen die großen Antennen amputiert; es hat sich ergeben, daß 3 von ihnen autotomierten, und zwar alle 3 zwischen dem 4. und 5. Glied. Das eine autotomierte nach $^1/_2$ Stunde, das 2. nach $^3/_4$ Stunden, das 3. nach $1^1/_4$ Stunden. Auch die zahlreichen und gründlichen Versuche, die darüber von Drzewinia u. A. bei Insecten ausgeführt worden sind, zeigen, daß in vielen Fällen die Autotomie als ein einfacher Reflexakt anzusehen ist.

Ich habe den Eindruck gewonnen, daß die Autotomie bei den weniger geschützten mehr nach außen gerichteten Extremitäten, wie z. B. der 2. Antenne, oft einen einfachen Reflexakt darstellt; wenn er aber unterbleibt, was öfters geschieht, wird der Akt durch kompliziertere Ursachen hervorgerufen; dagegen bei den kleinen, gut geschützten 1. Antennen, wo nur nach längerer Zeit der Berührung des Wundpunktes mit den Kieferfüßen oder den 1. Thoracalfüßen das Abreißen eines Teiles gelingt, stellt die Autotomie stets einen auf komplizierteren Ursachen beruhenden Reflexakt dar.

4. Regeneration.

Auf eine genaue Beschreibung des Vorganges der Regeneration der 1. Antenne gehe ich hier nicht näher ein, da meine Beobachtungen nur mehr zufälliger Natur gewesen sind. Einige Fälle hatte ich jedoch Gelegenheit zu konstatieren, die vielleicht nicht ohne Interesse sind. Das Tempo, in welchem die Regeneration der 1. Antenne vor sich geht, ist viel langsamer als das der 2. Antenne. Oft ist eine Häutung 6—10 Tage nach der Operation eingetreten, und es wurden noch keine neuen Glieder gebildet, nur erst ein mächtiger Verschluß der Wunde, der auch schon äußerlich als ein großer weißer Punkt erkennbar ist.

Der Verlauf der Regeneration war davon abhängig, in welchem Punkt die Antenne amputiert wurde. Wenn der Schnitt in der oberen Hälfte des 3. Gliedes die Antenne traf, regenerierte in normalen Fällen zunächst der abgerissene Teil desselben Gliedes, mit ihm zusammen das kleine 4. Basalglied und weiter distal das vorletzte und das letzte Geißelglied mit seinen Riechkolben und Borsten, so daß nach der 1. Häutung die Antenne ein auf der Textfig. G dargestelltes Aussehen hatte. Aus ihr ist ersichtlich, daß alle Basalglieder von der Basis aus gegen die Spitze, in

zentrifugaler Richtung, während die Geißelglieder von der Spitze aus zur Basis in zentripetaler Richtung regeneriert haben.

Bei der 2. Häutung, die 18 Tage nach der 1. stattfand, wurden 6 neue Geißelglieder gebildet, dabei aber noch das 3. und 4. Basalglied etwas in die Länge gestreckt (Textfig. H). Die Borsten und die Geruchkolben waren in manchen Fällen bei den nach der

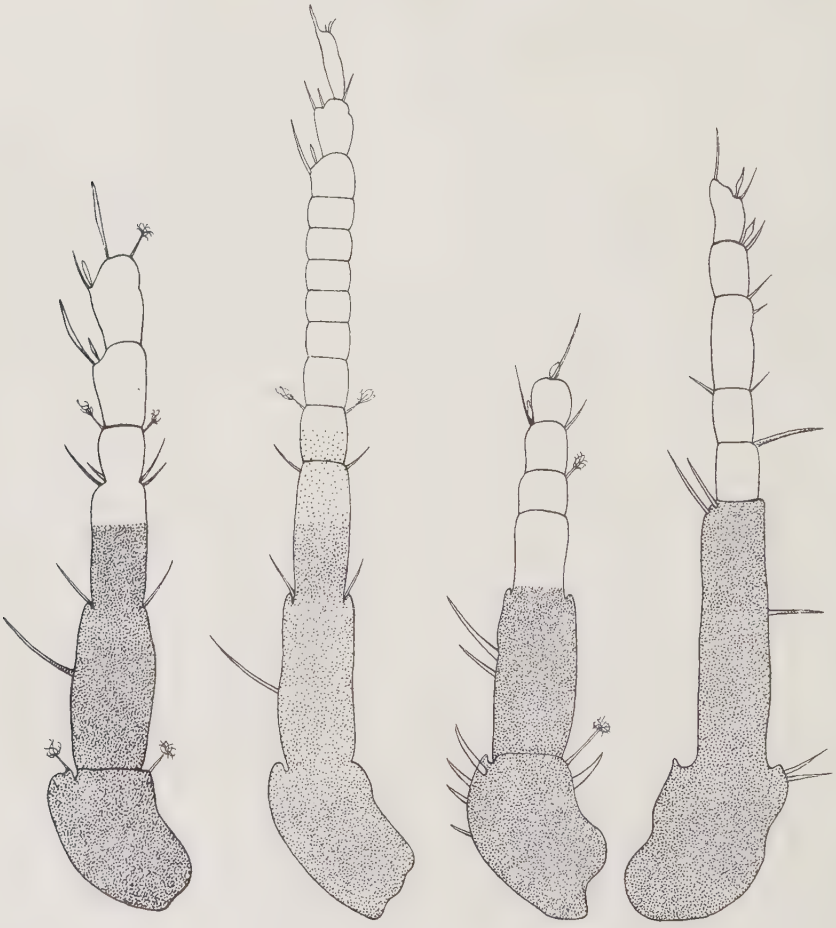


Fig. G. Fig. H. Fig. J. Fig. K.

Fig. G. Regeneration der 1. Antenne nach der 1. Häutung.
Fig. H. „ 2. „
Fig. J. „ 1. „
Fig. K. „ 1. „

1. Häutung erscheinenden letzten Geißelgliedern vollständig ausgebildet, in einigen Fällen aber, wo die letzteren Glieder mehr abgeplattet erschienen (es handelte sich hier, wie es scheint, um pathologische Fälle), waren sie noch nicht vorhanden.

Wenn der Schnitt durch die Antenne im 2. Gelenk oder proximal davon gesetzt wurde, trat bei der 1. Häutung meistens folgendes Bild auf: distal vom 2. Basalglied wird ein kleines Glied angelegt, das länger ist als die übrigen und die Anlage des noch nicht vollständig ausgebildeten 3. Gliedes darstellt. Gleich auf ihm bildet sich dann das von den anderen Gliedern fast nicht zu unterscheidende 4. Basalglied und weiter distal davon die 2 oder 3 letzten Geißelglieder mit ihren Kolben (Textfig. J). Bei der 2. Häutung wird das 3. Basalglied länger, und die Zahl der zwischen dem 4. basalen und den letzten Geißelgliedern gelegenen Glieder vermehrt sich, wobei alle schon früher vorhandenen Glieder eine mehr in die Länge gezogene Gestalt bekommen. So besteht in dem 2. Fall, gleich wie bei dem 1., eine in zwei Richtungen sich vollziehende Antennenregeneration.

Eine vollkommene Herstellung der alten Antenne wird meistens erst mit der 3. Häutung erreicht.

Diese paar Fälle, die ich von der Regeneration der 1. Antenne beobachten konnte, zeigen dieselben Resultate, die Zeleny an der amerikanischen Wasserassel *Mancasellus macrourus* verfolgt hat. Auch nach seinen Angaben verlief die Regeneration der Geruchsantenne in der Weise, daß der basale Antennenteil in anderer Richtung als die Geißel sich entwickelt hat. Hier muß ich aber noch erwähnen, daß ich in einigen Fällen nicht diese Regel bestätigen konnte, meistens dann, wenn die Häutung sehr spät nach der Amputation stattfand. Es zeigte sich nach der 1. Häutung ein Bild, welches auf der Textfig. K dargestellt ist, wo auf dem 2. Basalglied sich gleich die 6—7 Geißelglieder angelegt haben.

Photoreception.

A. Historisches und Methoden.

Die Kenntnis des Verhaltens der Tiere auf Lichtreize hat in den letzten Jahren durch eine große Anzahl von experimentellen Arbeiten eine gewisse Klarheit bekommen. Die mit der Klasse der Crustaceen ausgeführten Versuche sind nicht so zahlreich wie die mit Amphibien und Insecten. Das Verhalten der Entomostraken

wurde von Yerkes und Esterly beschrieben, der letzte hat speziell *Cyclops* untersucht. Die Photoreception bei den Amphipoden ist von Holmes näher studiert worden; derselbe beschränkt sich jedoch hauptsächlich auf die terrestrischen Formen *Talorchestia longicornis*, *Orchestia agilis* und *Orchestia palustris* und behandelt die wasserbewohnenden Formen nur oberflächlich. Einige interessante Lichtreaktionen bei den decapoden Krebsen, speziell bei *Palaemon* und einigen Galatheiden, sind von Doflein ausgeführt worden.

Ich habe versucht, in vorliegender Abhandlung eine Beschreibung der photischen Reaktion bei *Asellus aquaticus* zu gehen und einen kurzen Vergleich, den ich in dem Anhangskapitel erwähne, zwischen der Lichtwirkung auf *Gammarus pulex* und *Niphargus puteanus* durchzuführen. Dabei hatte ich hauptsächlich im Auge 1. Ausdehnung der Kenntnisse über die Lichtorientierung bei *Asellus*, 2. die Mechanik der photischen Reaktion, 3. den Vergleich in bezug auf die Lichtwirkung zwischen normalen und augenlosen Tieren, 4. Untersuchung der Bedeutung, welche die Haut für die Reize hat.

Die Experimente wurden im Frühling und Herbst 1911 in München angestellt; einige mit dem blinden *Niphargus* aus der Falkensteiner Höhle habe ich wegen Unsicherheit des glücklichen Transports der Tiere in Urach vorgenommen. Als Lichtquelle haben mir gedient: eine elektrische Taschenlampe, eine größere Anzahl kleiner elektrischer Lämpchen mit verschiedener Intensität, eine Acetylenlampe; außerdem habe ich öfters für schwache Reize gewöhnliches Kerzenlicht gebraucht.

Die Tiere befanden sich bei den einfachen Experimenten in 60 cm langen, 30 cm breiten Aquarien, bei den Experimenten mit verschiedenfarbigem Licht in einem 80 cm langen, 20 cm breiten Aquarium, in welchem man die verschieden bestrahlten Regionen besser unterscheiden konnte. Öfters habe ich die Experimente in kleinen Gefäßen ausgeführt. Besonders geeignet erwiesen sich die ganz schmalen 10 cm langen, 2 cm breiten und einige kleine runde Gefäße, in welchen die Stellung der Tiere am deutlichsten hervortrat.

B. Beobachtungen.

Das Hauptorgan, mit welchem die Lichtreize bei den Isopoden empfunden werden, ist das Auge. Die Augen von *Asellus* sind eine Übergangsstufe von einfachen zu Facettenaugen. Sars vertritt sogar eine weitergehende Auffassung und sagt: „Je serais disposé

à les considerer comme une modification particulière des yeux composés à facettes, ou ce qui serait peut-être plus exact à en former une espèce particulière des yeux composés ayant ce caractère essentiel, que ce n'est pas un seul corps cristallin, qui corresponde à chaque facette, mais bien deux ou plusieurs."

Den näheren histologischen Bau des Auges habe ich nicht untersucht und verweise auf die Arbeiten von Leydig, Sars, Rosenstaedt u. A. Eines kann ich hier nur berichten, was die einfache Mikroskopbehandlung zeigt, nämlich daß die Zahl der Linsen eine sehr variable ist. Während ich bei den kleinen nicht ausgewachsenen Tieren, die von meinen Fütterungsversuchen stammen, immer nur 2 dieser stark lichtbrechenden Körperchen auf verschiedenen Seiten des dunkel pigmentierten Teiles fand, habe ich bei den gut ausgewachsenen Tieren meistens eine größere Zahl gefunden. Da die Augen der Arthrostraken ungestielt sind, werden die direkten Einflüsse des Lichtes auf das Auge nicht in so deutlichem Maße wahrnehmbar, wie das bei den thoracostraken Krebsen der Fall ist. Schon die einfachsten Versuche ließen es wahrscheinlich erscheinen, daß die Tiere auf Lichtreize negativ reagieren würden.

Versuch No. 1.

Prüfung der Reaktion auf Licht und Schatten.

In der Anordnung der Prüfung der Reaktion auf Licht und Schatten bei *Asellus aq.* habe ich 20 Exemplare ins Zentrum eines mittelgroßen Aquariums hineingetan, welches von einer Seite mittels einer beweglichen elektrischen Lampe beleuchtet wurde. Zwischen der Lampe und dem Aquarium war ein schwarzes Tuch, welches man hin und her bewegen konnte, so daß eine Hälfte des Aquariums beleuchtet, die andere beschattet war.

Die 20 Tiere, welche der Lichtwirkung ausgesetzt worden waren, wanderten kurze Zeit längs den Rändern des Aquariums und kamen nach der auf der Tabelle angezeigten Frist alle schließlich zur Ruhe auf der Schattenfläche, meistens an deren 2 Rändern zu größeren Versammlungen gruppiert. Unmittelbar vor der Beleuchtung habe ich die Tiere in den Teil des Aquariums gebracht, welcher beleuchtet sein sollte, so daß zu Beginn der Einwirkung des Lichtes alle Tiere sich auf der Lichtfläche befanden. Nach 12 Minuten, wie wir aus der Tabelle sehen, haben die Tiere ohne Ausnahme diese Lage verlassen und sind auf die Schattenfläche übergegangen (Tabelle II).

Als ich später das Tuch auf die entgegengesetzte Seite verschob, bewegten sich die Tiere wieder, manche sofort, andere, die an den Ecken gruppiert waren, nach etwas längerer Zeit, auf die entgegengesetzte Seite und kamen auf der beschatteten Fläche zur Ruhe.

Tabelle II.

Reaktion der Asseln auf Licht und Schatten. Lampe von der Intensität 15 Kerzen auf die Entfernung von 10 cm.

Minutenzahl nach Beginn des Versuches	0	2	4	6	8	10	12
Auf der Lichtfläche	20	14	13	9	6	2	—
Auf der Schattenseite	—	6	7	11	14	18	20

Diesen Versuch habe ich 5mal ununterbrochen wiederholt, und das Resultat blieb immer gleich, jedoch bei wiederholtem Verschieben des Tuches trat der Lagewechsel nicht so rasch ein, und es bedurfte einiger Zeit, bis die an den Ecken versammelten und oft säulenartig gruppierten Tiere ihre Lage verließen. So war das Resultat nach dem 5. Verschieben des Tuches folgendes:

Tafel III.

Reaktion der Asseln auf Licht und Schatten nach wiederholtem Verschieben des Tuches. Lampe von der Intensität 15 Kerzen auf Entfernung von 10 cm.

Minutenzahl nach Beginn des Versuches	0	2	4	6	8	10	12	14	16	18
Auf der Lichtfläche	20	17	16	16	15	12	7	5	2	—
Auf der Schattenfläche	—	3	4	4	5	8	13	15	18	20

In diesen Fällen, wo ich das Licht einfach von einer Seite des Aquariums einfallen ließ, ohne ein Tuch zu brauchen, zeigten die Tiere die gleiche Tendenz. 10 Asseln, welche sich in Ruhestellung in einem in nicht vollkommen dunklem Raum stehenden Aquarium befanden, zeigten sofort nach der Beleuchtung eine ausgesprochene Reaktion: 2 von ihnen setzten sich gleich in Bewegung in der zum Licht entgegengesetzten Richtung; etwas später begannen sich auch die übrigen 8 zu bewegen, die noch

einige Zeit auf der beleuchteten Fläche herumwanderten, schließlich aber an den Stellen zur Ruhe kamen, die am weitesten vom Lichte entfernt sind.

Wenn die Lampe auf die andere Seite des Aquariums gebracht wurde, fingen die Tiere wieder sehr bald die Bewegung zum entgegengesetzten Ende an.

Diese und noch einige andere Experimente, die ich in kleineren Gefäßen angestellt habe, zeigen, daß die Asseln stets lichtempfindlich sind und daß wir hier beim Einwirken des ziemlich starken Lichtes es mit negativ phototropischen Tieren zu tun haben. Die Stellung und die Richtung, welche der Körper bei der Lichtwirkung annimmt, ließ sich genauer bei den weiter zu besprechenden Experimenten beobachten.

Versuch No. 2.

Prüfung der Lichtreaktion bei verschiedener Intensität des Lichtes.

Aus den Untersuchungen von Esterly über die Lichtwirkung auf *Cyclops*, ferner von Loeb über *Temora longicornis* und von Parker über *Labidocerca aestiva* hat sich ergeben, daß die Intensität der Beleuchtung einen Einfluß auf die Richtung der Reaktion haben kann. Diese Reaktion ist auch davon abhängig, ob das gereizte Tier vor der Lichteinwirkung in vollkommener Dunkelheit oder an einer etwas beleuchteten Stelle gehalten wurde. Bei *Asellus aq.* habe ich versucht, dieses Verhalten näher zu untersuchen. Die Intensität der Beleuchtung wurde teils durch Gebrauch von Lampen mit verschiedener Leuchtkraft, teils durch Veränderung des Abstandes der Lichtquelle vom Aquarium gewechselt. Dabei hat sich ergeben, daß die Tiere, welche in vollkommener Dunkelheit gehalten wurden, bei einer sehr schwachen Lichtreaktion nicht die typische negative, sondern eine neutrale, in einigen Fällen sogar eine positive Reaktion zeigten. Bei der Entfernung von 40 cm eines schwachen Kerzenlichtes vom Aquarium war die Zahl der Tiere, welche in der beleuchteten Hälfte des Aquariums gewesen sind, fast die gleiche wie auf der beschatteten Fläche. Bei einer noch weiteren Entfernung des Lichtes befand sich die Mehrzahl der Tiere auf dem beleuchteten Teil. War die Lichtquelle 20 cm vom Aquarium entfernt, so reagierten die Tiere schon negativ. Von den 24 zu diesem Experiment benützten Asseln sind nach 10 Minuten der Licht-

einwirkung 13 in der beschatteten, 11 in der beleuchteten Fläche geblieben.

Nachdem ich das Licht weiter als auf 20 cm dem Aquarium genähert hatte, war die Reaktion stets negativ, und die Negativität ist immer gestiegen mit Zunahme der Beleuchtungsintensität.

Vorliegende Tabelle zeigt die Verhältnisse in Zahlen:

Tabelle IV.

Das Verhalten von *Asellus aq.* 20 Minuten nach Beginn der Kerzenbeleuchtung nach einem Aufenthalt der Tiere im Dunklen.

Entfernung des Lichtes in cm	Zahl der geprüften Tiere	% der Tiere, die sich auf der Schattenseite befanden
40	22	46
30	18	50
20	24	54
15	16	56
10	12	67
8	15	73
5	10	80
3	14	86
1	10	90

Diese Resultate stimmen mit denen von Esterly, der in ähnlicher Weise die Reaktion bei *Cyclops* geprüft hat, überein. Derselbe kommt noch zu einem zweiten Ergebnis, nämlich daß die Tiere, welche einige Zeit dem Lichte ausgesetzt wurden, auf eine Beleuchtung von schwächerer ebenso wie auf eine von stärkerer Intensität sich negativ verhalten. Was nun diesen Punkt anlangt, so bin ich bei *Asellus* zu abweichenden Resultaten gelangt. Diese Tiere, welche einem Licht von schwächerer Intensität ausgesetzt wurden, zeigten eine zu diesem Licht positive Reaktion, diejenigen dagegen, welche unter den Einfluß eines stärkeren Lichtes gebracht wurden, verhielten sich zu letzterem negativ.

Tabelle V.

Das Verhalten von *Asellus aq.* 15 Minuten nach Beginn einer neuen Beleuchtung nach dem Aufenthalt im beleuchteten Raume.

Entfernung des Lichtes	25	20	15	10	8	5	3	1
Zahl der Tiere, die einem Licht von stärkerer Intensität ausgesetzt wurden	12	10	10	8	9	13	11	8
Zahl derselben Tiere in der stärker beleuchteten Hälfte	7	5	3	3	3	5	4	2
Zahl der Tiere, die einem Licht von schwächerer Intensität ausgesetzt wurden	8	10	12	9	11	10	12	10
Zahl derselben Tiere in der schwächer beleuchteten Hälfte	3	4	7	6	6	8	9	9

Versuch No. 3.

Reaktion mit Tieren, bei denen die Augen funktionslos geworden sind.

Um die Empfindlichkeit der Haut auf die Lichtreize bei *Asellus* zu prüfen, habe ich den Tieren mittels schwarzen Lackes die Augen von beiden Seiten zugeklebt und mich durch einige Bewegungen, die ich vor dem Tier ausgeführt habe, überzeugt, daß sie vollständig die Sehfähigkeit verloren haben.

Die Tiere, welchen beide Augen geschwärzt wurden, überstanden im allgemeinen diese Operation gut; nur in den ersten Minuten waren sie sehr unruhig und führten kreisförmige Bewegungen auf einem Platz aus. Manchen Tieren habe ich mittels eines Stiches mit einer sehr feinen Nadel die Augen zerstört, ohne dabei das Gehirn zu verletzen. Diese der Augen beraubten Exemplare wurden auf dieselben Reaktionen wie die normalen Tiere geprüft. Das Resultat war im allgemeinen denjenigen der normalen Individuen gleich, es bestanden aber bedeutende Unterschiede in der Stärke und in der Ausführung der Reaktion. Dabei war es noch von Interesse zu sehen, ob ein Unterschied in der Antwort besteht, wenn die einzelnen Regionen des Körpers unabhängig voneinander beleuchtet werden.

Bei den normalen Tieren ist die Empfindung ausgesprochener, wenn die Kopfregion vom Lichteinfall getroffen wird. Die Zeit, welche nach Beginn der Lichtwirkung verflossen ist, bis sich das Individuum von der beleuchteten Fläche in Bewegung setzte, war in diesem Fall kürzer, als wenn das Licht auf die Abdomengegend fiel. Die augenlosen Individuen dagegen zeigten eine mehr ruhige Reaktion, wenn der Kopf gereizt wurde.

Diese größere Empfindlichkeit der Kopfgegend bei normalen Individuen und die geringere Empfindlichkeit derselben im Vergleich zur Abdomengegend bei geblendeten Tieren sprechen für den großen Anteil der Augen an der Ausführung der Reaktion, sie zeigen aber zugleich, daß die Haut des Tieres nicht vollständig lichtunempfindlich ist. In dieser Auffassung wurde ich noch bestärkt durch die Experimente, welche ich, identisch mit den im Versuch No. 1 beschriebenen, ausgeführt habe. Wenn ich 10 durch Zuklebung der Augen geblendete Asseln auf eine Seite des Aquariums brachte und diese beleuchtete, während die andere durch das Halten eines Tuches zwischen der Lichtquelle und dem Aquarium im Schatten blieb, bekam ich nach längerer Zeit eine ebenfalls negative Reaktion. Die untenstehende Tabelle VI zeigt die Verhältnisse genauer. Wir bemerken, daß die Zeit, welche das Tier in dem Fall braucht, bis es zum längeren Ruhezustand kommt, bedeutend größer ist als bei normalen Individuen. Auch ist die Tendenz der Tiere, sich an den Seiten und Ecken des Aquariums aufzuhalten, weitaus nicht in dem Maß ausgebildet wie bei letzteren. Wenn ich das ganze Aquarium von einer Seite ziemlich stark beleuchtet habe, versammelten sich die Asseln nach einiger Zeit an dem vom Licht am weitesten entfernten Ende.

Tabelle VI.

Reaktion der Asseln mit belackten Augen. Lampe von der Intensität 15 Kerzen auf Entfernung von 10 cm.

Minutenzahl nach Beginn des Versuches	0	3	5	10	15	20	25	28
Auf der Lichtfläche	10	9	7	8	5	6	3	—
Auf der Schattenfläche	—	1	3	2	5	4	7	10

Wie wir aus der Tabelle ersehen, bewegen sich die Tiere nicht in der für die normalen Individuen streng gesetzmäßigen Weise vom Licht zum Schatten, sondern vielfach kommen sie nach einigem Ver-

bleiben auf der Schattenfläche wieder zum Licht zurück. Solange die Tiere sich in der Lichtfläche befinden, hemmen sie ihre Bewegung nur sehr schwach und kommen erst zur absoluten Ruhe, wenn sie in den Schatten gelangt sind.

Dabei ist noch zu bemerken, daß von diesen geblendeten Tieren diejenigen eine stärkere Reaktion zeigten, die eine hellere Körperfärbung besaßen, was vielleicht darauf hindeutet, daß das Licht auch durch den Körper einen anderen Weg zu den Augen resp. zu den Retinulen nehmen kann. Die goldgelben Individuen, die geblendet wurden, führten bei jeder Beleuchtung mit einer elektrischen Taschenlampe Körperbewegungen von ziemlich starker Intensität aus, während die dunkleren Tiere eine geringere Reaktion angedeutet haben.

Versuch No. 4.

Zum Prüfen der Orientierung und Körperstellung bei beleuchteten Tieren.

Dieser Teil der Versuche wurde angestellt, um die Stellung des Tieres genau bei dem Lichteinfall zu beobachten. Dazu habe ich ein 8 cm hohes, 2 cm breites Glasgefäß und einige kleine runde Gefäße benützt; die letzteren hatten noch den Vorzug, daß das Aufhalten in den Ecken vermieden war. Wenn ich in ein solches kleines Gefäß die Tiere brachte und sie in der Nähe des Fensters oder einer leuchtenden Lampe aufgestellt habe, kamen sie meistens sehr lange nicht zur Ruhe und bewegten sich unaufhörlich, hauptsächlich aber nur in der weiter vom Licht entfernten Hälfte; schließlich hörten die Bewegungen für einige Zeit auf, wobei sie in der Ruhestellung mit dem Kopf direkt gegen den Lichteinfall gerichtet waren oder höchstens um 45° von dieser Richtung abwichen. Der Körper war so gehalten, daß sein Vorder- und sein Hinterende nach oben gewandt wurden und somit der Kopf mit den Antennen und das Abdomen mit den Pleopoden eine höhere Niveaulage besaßen als der Thorax.

Wenn ein kleines viereckiges Gefäß mit schwarzem Papier verklebt und nur eine kleine Öffnung für den Lichteinfall gelassen wurde, richtete sich das Tier mit seiner Vorderseite in die zum Licht entgegengesetzte Richtung; wurde dabei das Licht von der Unterseite hineingelassen, so wandte es den Kopf und die Antennen in die Höhe; hat man es von einer schrägen Öffnung am oberen

Teil des Gefäßes hineingelassen, so kehrte es den Kopf und die Antennen zur Seite. Sehr deutlich tritt die negative Reaktion ein, wenn man die Tiere in einer flachen Gefäßschüssel auf einen Tisch stellt, der unten eine Öffnung besitzt, durch welche das Spiegelbild einwirkt, wie z. B. der gewöhnliche Mikroskoptisch. Sobald sich das Tier der beleuchteten Stelle nähert, reagiert es mit einem Heben des Kopfes und der Antennen und wendet sich zur Seite.

Versuch No. 5.

Reaktion der Augen allein auf photische Reize.

Wir haben aus den früheren Experimenten gesehen, daß die Haut bei *Asellus aq.* ein für Lichtreize empfindliches Organ darstellt. Die noch am Schluß der Abhandlung zu beschreibenden Experimente mit Tieren, die rudimentäre Augen besitzen, zeigten, daß bei diesen Tieren eine noch lebhaftere Reaktion auf Licht von größerer Intensität vorhanden war.

Um die Wirkung und Bedeutung der Augen allein einer näheren Analyse zu unterwerfen, habe ich versucht bei *Asellus aq.* folgende Einrichtung zu treffen: 6 Tieren wurde die Körperoberfläche mit viel Schlamm und verschiedenen fremden Partikelchen reichlich bedeckt, nur die Augen wurden frei gelassen. Damit diese Fremdkörper durch Wasser nicht auseinander gehen, wurden die Tiere in einer sehr wenig mit Wasser gefüllten viereckigen Schale untergebracht. Die Schale wurde mit schwarzem Papier bedeckt, und von einer Seite wurde Licht eingelassen. Die untersuchten Exemplare zeigten auch in diesem Falle eine negative Reaktion. Wie uns die Tabelle zeigt, war die Reaktion nicht so stark wie bei normalen Tieren, jedenfalls aber stärker als bei *Asellus*, denen die Augen zerstört wurden und wo nur die Haut als lichtempfindliches Organ funktionierte.

Tabelle VII.

Reaktion der Tiere mit bedeckter Haut. Lampe von der Intensität 15 Kerzen auf Entfernung von 10 cm.

Minutenzahl nach Beginn des Versuches	0	3	5	10	15	20	25
Auf der Lichtfläche	10	8	7	5	3	1	—
Auf der Schattenfläche	—	2	3	5	7	9	10

Bei diesen Tieren konnte ich eine besondere Empfindlichkeitszunahme mit der Intensitätszunahme der Beleuchtung beobachten, es bestand

ein viel größerer Unterschied zwischen Licht von schwacher und starker Intensität als bei denen, deren Haut nicht bedeckt war.

Tabelle VIII.

Reaktion bei einer Entfernung des Kerzenlichtes auf 20 cm.

Minutenzahl nach Beginn des Versuches	0	3	5	10	15	20	25
Auf der Lichtfläche	12	10	8	6	6	5	5
Auf der Schattenfläche	—	2	4	6	6	7	7

Tabelle IX.

Reaktion bei einer Entfernung des Kerzenlichtes auf 2 cm.

Minutenzahl nach Beginn des Versuches	0	3	5	10	15	10
Auf der Lichtfläche	12	6	4	3	1	—
Auf der Schattenfläche	—	6	8	9	11	12

Wenn ich außer der Haut noch das eine Auge bedeckt habe und das andere offen ließ, erfolgte eine Bewegung in der Richtung des offenen Auges. So erfolgte bei dem Tier, welchem ich das rechte Auge zugedeckt habe, bei der Beleuchtung von vorn eine Bewegung nach links, bei dem, wo ich das linke zugedeckt habe, eine Bewegung nach rechts.

Alle diese Versuche zeigen, daß die Funktion des Auges eine nicht untergeordnete Rolle spielt, und obwohl die Augen nicht allein die Lichtstrahlen empfinden, stellen sie doch das Hauptempfindungsorgan dar. Diese Funktion kommt noch klarer zum Ausdruck, wenn wir die Reaktion des Tieres auf beleuchtete Gegenstände und den Augenanteil beim Aufsuchen der Nahrung prüfen.

Versuch No. 6.

Reaktion der Asseln auf beleuchtete Gegenstände.

Das Sehvermögen der Asseln ist im allgemeinen viel schwächer ausgebildet als bei einigen anderen höheren Crustaceen, die auf Schärfe ihres Sehens untersucht worden sind. Nur diejenigen Bewegungen der Gegenstände werden wahrgenommen, die in unmittelbarer Nähe des Tieres ausgeführt werden. Für alle Reize, die im

Wasser stattfinden, muß man annehmen, daß sie mehr tangoreceptorischer Natur sind.

Ich habe versucht, einigemal mit der größten Vorsicht einige Gegenstände im Wasser zu bewegen, um Wassererschütterungen dabei zu vermeiden. Man kann im Wasser allmählich einen ziemlich großen Gegenstand, wie einen Spatel, ganz in die unmittelbare Nähe des Tieres zwischen seine Antennen bringen, und es erfolgt gar keine Reaktion, erst bei Berührung des Körpers tritt sie ein und äußert sich in der Rückwärtsbewegung, wodurch auch bewiesen wird, daß die so im Wasser ausgeführten Bewegungen fast keinen Einfluß auf die Fühlorgane haben.

Eine Reaktion tritt aber fast immer ein, wenn wir ebenso vorsichtig einen Gegenstand von der Seite aus dem Vorderteil des Tieres nähern. Dabei erfolgt auf eine dicke Nadel oder Pinzette, die man senkrecht zur Wasseroberfläche am Boden des Gefäßes bewegt, die Reaktion schon in einer Entfernung von 2 cm. Sie äußert sich durch eine Bewegung in der dem annähernden Gegenstand entgegengesetzten Richtung und scheint immer kräftiger zu sein, wenn der Gegenstand heller beleuchtet ist.

Die Wahrnehmung derjenigen Bewegungen, die nicht im Wasser ausgeführt werden, ist eine äußerst unbedeutende. Wenn die Tiere am Rand eines Aquariums sitzen oder in einer Ecke besonders angesammelt sind, kann man rasche Bewegungen von großen Gegenständen ausführen, ohne irgendeine Reaktion zu bekommen, und erst wenn die Bewegungen längere Zeit dauern, verlassen die Tiere ihre Stellen. Eine wiederholte Bewegung des Gegenstandes rief die entsprechende Reaktion des Tieres rascher hervor (Summation der Reize).

Versuch No. 7.

Die Rolle der Augen beim Aufsuchen der Nahrung.

Auf die Frage, ob die Nahrung bei den Isopoden nur mit Hilfe des Geruchsorganes und der Mundgliedmaßen aufgefunden wird oder ob die Augen auch einen Anteil beim Aufsuchen derselben nehmen, haben mir einige Experimente eine Stütze für die letztere Annahme gegeben.

Der Versuch war folgendermaßen eingerichtet. In ein mittelgroßes Aquarium wurden 15 Tiere hineingebracht, die seit 1 Woche vor dem Experiment eine Blatt- und Kartoffelkost bekamen. Auf den Boden dieses Aquariums sind 2 Reagenzgläser gelegt worden;

in das eine wurden auf $^1/_{10}$ seiner Länge im unteren Teil dieselben Faulblätter, die die Tiere früher als Kost bekamen, und einige Kartoffelkörnchen, in das andere an derselben Stelle Papier von gleicher Farbe wie die Nahrung hineingetan. Die 2 Reagenzgläser wurden parallel zueinander ins Aquarium gelegt, welches 3 cm hoch mit Brunnenwasser gefüllt war. Die Tiere, welche sich in diesem Aquarium in Bewegung befanden, begannen allmählich während ihrer Bewegungen immer öfter an dem mit Nahrung gefüllten Reagenzglas sich aufzuhalten. Nach 15 Minuten waren an der Stelle, wo die Nahrung im Glas lag, an der Außenwand des Reagenzrohres 4 Tiere versammelt, während an dem 2. Glas, obwohl es dieselbe Beschattung gab, sich keines von den Tieren länger aufhielt.

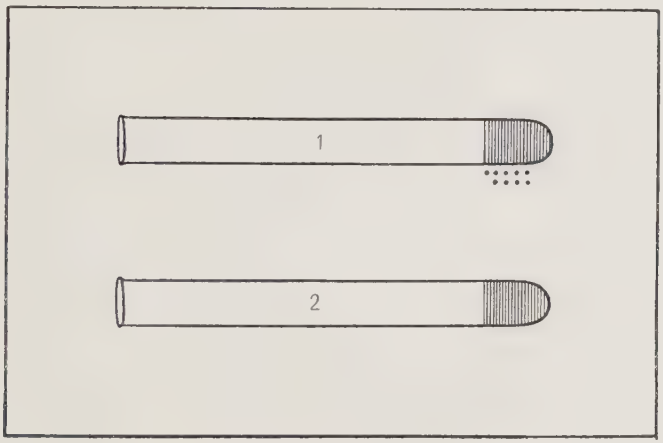


Fig. L.

1. Reagenzglas mit Nahrung (die schwarzen Punkte bezeichnen die Lage der Tiere). 2. Reagenzglas mit gleichfarbigem Papier.

Die Tiere standen dabei nicht bewegungslos, wie es bei der gewöhnlichen Anheftung an einen bestimmten Gegenstand der Fall ist, sondern bewegten sich hin und her, immer aber um einen und denselben Punkt. Eine chemotactische Wirkung war auf die an der Glaswand, wo sich die Nahrung befand, angesammelten Tiere in dem Fall auch ausgeschlossen, weil die Nahrung in die unterste Hälfte des Glases gelegt wurde, und im Laufe der jedesmal 2stündigen Beobachtungen zeigten die Tiere keine Geruchsanziehungen, die sie bestimmen konnten, in das Innere des Glases hineinzugehen.

Ein Einwandern fand von Zeit zu Zeit statt, schien aber mehr zufälliger Natur zu sein.

20 Minuten nach Beginn des Experiments sind an der Außenseite der Glasröhre, und zwar an der Stelle, wo die Nahrung sich im Innern befand, 6 von den 15 Tieren zusammengekommen, nach 25 Minuten 9, und von der Zeit ab verblieben die Tiere immer dort in überwiegender Zahl (Textfig. L).

Wenn man die Tiere durch einen Reiz entfernt hat, kamen die meisten unter ihnen in der ersten Zeit wieder an diesen Punkt zurück. Die Tabelle zeigt uns das Verhalten während 1 Stunde. Nach $^1/_2$ Stunde wurde die Zahl der Tiere, die an der Nahrung saßen, wieder geringer. An dem 2. Reagenzglas hielten sich einige Tiere kurze Zeit auf, kamen aber hier nicht zum längeren Aufenthalt. Den Versuch habe ich 3mal wiederholt, und das Resultat blieb in diesen Fällen gleich.

Tabelle X.

Das Verhalten von 15 Tieren gegen ein mit Nahrung gefülltes Reagenzglas.

Minutenzahl nach Beginn des Versuches	0	5	10	15	20	30	40
Experiment No. 1.							
Zahl der Tiere am Reagenzglas	0	1	3	4	6	10	8
Experiment No. 2.							
Zahl der Tiere am Reagenzglas	0	0	2	4	5	9	7
Experiment No. 3.							
Zahl der Tiere am Reagenzglas	0	1	2	2	7	7	9

Außer diesen Versuchen zeigen die im nächsten Abschnitt besprochenen, über Chemotropismus, bei welchen in vielen Fällen die beiden Antennen den Tieren abgeschnitten und damit die Geruchszentren entfernt wurden, noch eine deutliche Wahrnehmung der Nahrung aus geringer Entfernung.

Aus diesen Experimenten scheint man nicht mit Unrecht schließen zu können, daß die Augen beim Aufsuchen der Nahrung bei den Wasserasseln eine bedeutende Rolle spielen und daß sie für die Wahrnehmung der Nahrung von Nutzen sind. Die augenberaubten Individuen geben auch eine gute Stütze für diese Annahme, da ihr Verhalten gegen ein Blatt oder eine andere Nahrung, die ins Aquarium hineingelegt wird, viel passiver ist als bei den nor-

malen Tieren. Ein Blatt, das in ein sonst leeres Aquarium gelegt wird, kann von den sich in Bewegung befindenden Individuen schon im Laufe der ersten Minuten vollständig besetzt sein; bei den Tieren, denen die Augen mit Lack zugedeckt sind, erfolgt die Annäherung an das Blatt erst nach längerer Zeit.

Versuch No. 8.

Verhalten der Asseln auf verschiedenfarbigem Untergrund.

Um ein Urteil darüber zu gewinnen, ob *Asellus aq.* für verschiedenfarbiges Licht empfindlich ist, habe ich 2 Reihen von Untersuchungen durchgeführt. Die einen beziehen sich auf die Wirkung des auffallenden, die anderen des durchfallenden Lichtes. Die ersten, die ich in diesem Kapitel zu besprechen habe, wurden so eingerichtet, daß die eine Hälfte des Aquariums mit Papier von einer bestimmten Farbe, die andere Hälfte mit einem andersfarbigen Papier verklebt wurde. Die benützten Farben waren: rot, gelb, grün und blau. Außerdem habe ich auch auf schwarzem und weißem Untergrund geprüft.

Die letzte Anordnung ergab fast in allen untersuchten Fällen eine positive Reaktion für die schwarze Hälfte des Glases, wenn die Tiere in einem stark beleuchteten Raum sich befanden, eine negative dagegen, wenn sie in einem sehr schwach beleuchteten Raum gehalten wurden.

Bei den vielen Versuchen mit verschiedenfarbigem Untergrund war im allgemeinen keine besondere Tendenz erkennbar; in den meisten Fällen jedoch wurde der rote Untergrund vorgezogen. Die stärkste negative Reaktion ergab der gelbe Untergrund, was wahrscheinlich mit der größten Helligkeit desselben im Zusammenhang steht. Daß die Tiere beim Übergang aus einem Medium in das andere eine Differenz in ihrer Umgebung wahrnehmen, kann man aus dem Benehmen derselben ersehen. Wenn nur die Antennen und der Kopf in die andersfarbige Hälfte kommen, erfolgt eine kurze Pause in der Bewegung, bei welcher die Antennen in der Richtung der Mittellinie aneinander genähert werden, und erst später erfolgt entweder das weitere Vorwärtsgehen des Tieres oder, bei Farben mit großem Helligkeitskontrast, wie gelb und blau, eine Rückwärtsbewegung. Die Tabelle zeigt das Verhalten im Laufe einer Stunde.

Tabelle XI.

Das Verhalten von 10 Tieren auf blauem und rotem Untergrund.

Minutenzahl nach Beginn des Versuches	0	5	10	15	20	30	40	60	80	90	100
Zahl der Tiere auf blauem Untergrund	6	5	4	7	8	4	2	5	4	2	3
Zahl der Tiere auf rotem Untergrund	4	5	6	3	2	6	8	5	6	8	7

Wir sehen, daß hier keine Tendenz zu erkennen ist und daß die Tiere vielfach von einer Hälfte auf die andere herübergehen, daß in vielen Fällen jedoch, besonders nach längerem Aufenthalt, die meisten Tiere im roten Teil gruppiert sind.

Bei Anwendung des roten und des gelben Untergrundes zeigte der rote besonderen Vorzug.

Tabelle XII.

Das Verhalten von 10 Tieren auf gelbem und rotem Untergrund.

Minutenzahl nach Beginn des Versuches	0	5	10	20	30	40	50	60
Zahl der Tiere auf gelbem Untergrund	6	5	3	2	3	1	1	2
Zahl der Tiere auf rotem Untergrund	4	5	7	8	7	9	8	8

In ähnlicher Weise verlief auch die Reaktion mit grünem und rotem Untergrund, obwohl hier der Kontrast nicht so stark war. Die blaue und die gelbe Farbe haben eine positive Reaktion für das Blaue gegeben, die blaue und grüne eine fast vollständig neutrale, die grüne und gelbe eine positive Reaktion für das Grüne.

Ich kann jedoch aus diesen Versuchen nicht schließen, daß die Asseln eine besondere Vorliebe für den einen oder anderen Untergrund haben, es wird meistens die dunklere Fläche vorgezogen. Allerdings möchte ich aber den Umstand, der in vielen Fällen positiven Wirkung des roten Untergrundes nicht ganz außer acht lassen, um so mehr, als bei den Versuchen mit durchfallendem Licht die Resultate für diese Tendenz viel klarer waren.

Versuch No. 9.
Einwirkung von verschiedenfarbigem Licht.

Der Apparat für diese Versuche war folgendermaßen konstruiert: ein 80 cm langes, 20 cm breites Aquarium, das mit einem schwarzen Tuch vollständig von den Seiten und auf dem Untergrund bedeckt war, wurde mit einem dunklen Deckel von oben geschlossen. In den Deckel sind 6 Löcher gebohrt worden, jedes von 4 cm Durchmesser, in die Reagenzgläser eingepaßt waren. Die Gläser reichten bis 1 cm oberhalb des Aquariumgrundes (Textfig. M) und waren mit verschiedenfarbigen Flüssigkeiten gefüllt. Diese Flüssigkeiten,

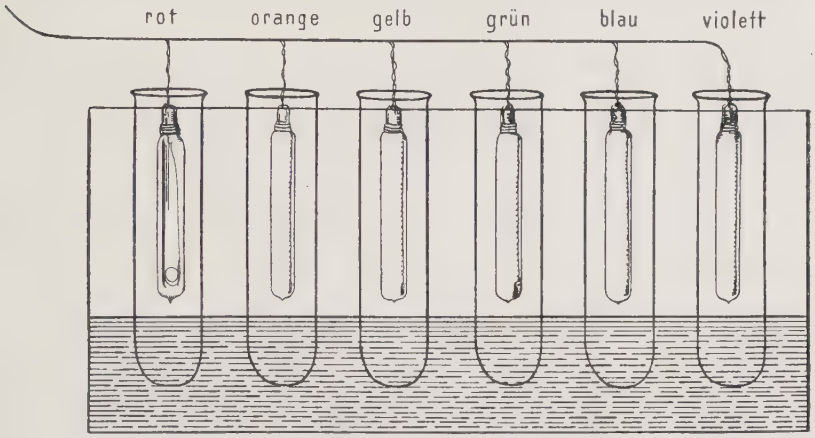


Fig. M. Apparat für Versuche mit verschiedenfarbigem Licht.

die ich hier nach der Vorschrift von Nagel gebraucht habe, sollten ungefähr den Spektralfarben entsprechen. In die Gläser wurden passende elektrische Lämpchen von der Intensität von 5 –10 Kerzen gelegt, die miteinander verbunden waren und durch den elektrischen Strom zum Leuchten gebracht werden konnten.

Da aber ein gleichzeitiges Leuchten von 6 Spektralfarben das Licht zu sehr wechselnd auf dem verhältnismäßig kleinen Raum gemacht hat, habe ich für die weiteren Versuche nur je 2 Farben angewandt und die anderen Löcher mit Korken geschlossen. In den untersuchten Fällen konnte ich eine positive Reaktion gegen das rote Ende des Spektrums beobachten, die am violetten Ende bedeutend abnahm, besonders aber negativ sich für die mittleren

Farben erwies. Für das Experiment habe ich jedesmal 18 Exemplare gebraucht, die möglichst in den Mittelraum des Aquariums gebracht wurden.

Bei der Einwirkung des roten und des blauen Lichtes ergaben sich folgende Resultate: schon nach ein paar Minuten sammelten sich die meisten Tiere auf der rot bestrahlten Hälfte, meistens in größerer Menge an den Ecken, und verblieben in dieser Lage die ganze Zeit des Experiments hindurch. Wenn ich nach kurzer Zeit die Gläser gewechselt habe, das rote auf die Stelle des blauen und umgekehrt, begannen die Tiere sich langsam an den Ecken zu bewegen, gingen bald auseinander, marschierten auf dem Boden und, nachdem sie in die rote Hälfte gelangten, sammelten sie sich bald wieder an der Ecke.

Das Licht habe ich in der Weise einigemal gewechselt, und es ergab sich nach einiger Zeit dasselbe Resultat. Bei der Prüfung des gelben und des roten Lichtes war die Reaktion noch mehr für die Positivität des roten ausgesprochen; hier erfolgte die Entfernung der Tiere vom gelben Licht rascher als vom blauen.

Diejenigen Beleuchtungen, die ich mit blauem und grünem sowie mit blauem und gelbem Licht gemacht habe, zeigten eine positive Reaktion für das blaue Licht.

Der dem menschlichen Auge entsprechende Helligkeitswert war bei diesen Versuchen mit rotem und blauem sowie mit rotem und grünem u. a. Lichtern nicht maßgebend, weil ich auch bei einigen Experimenten ein sehr dunkles Blau und ein helles Rot gebraucht habe. Von den 18 Tieren, die sich in der Mitte des Aquariums befanden, waren nach 2 Minuten 13 auf der roten, 5 auf der blauen Hälfte, nach 5 Minuten 15 auf der roten und 3 auf der blauen Hälfte.

Da wir aus dem ganzen Benehmen der Tiere wissen, daß sie die Dunkelheit dem Lichte vorziehen und in diesem Fall das hellere rote Licht dem dunkleren blauen und allen anderen Spektralfarben vorgezogen haben, glaube ich behaupten zu können, daß bei den Asseln eine gewisse positive Reaktion gegen das rote Licht vorhanden ist.

Chemoreception.

Die bei chemischen Einflüssen in Betracht kommenden 2 Sinne, der Geruchs- und der Geschmacksinn, bilden Gegenstand zahlreicher Untersuchungen. Forel hat sie bei Ameisen, Loeb bei Regen-

würmern, Nagel bei Cölenteraten u. a. beschrieben. Außerdem hat Nagel eine gesamte Beschreibung des Geruchs- und des Geschmacksinnes bei den Hauptrepräsentanten der meisten Klassen veröffentlicht. Pearl hat bei den Planarien die Chemotaxis untersucht. Doflein hat einige auf den Geruchs- und den Geschmacksinn sich beziehende Experimente mit den Garneelen aufgestellt. Mit Arthrostraken wurden, soweit mir bekannt, außer den im Gesamtwerk von Nagel erwähnten, bisher keine ausgeführt. Ich habe außer den Versuchen mit *Asellus* ein paar geringe Beobachtungen an *Gammarus* und *Niphargus* gemacht, die ich im Anhangskapitel erwähne.

Daran habe ich einige morphologische Untersuchungen über den Bau der kleinen Antenne bei *Asellus* angegliedert, die das Hauptorgan des Geruchsinnes bildet.

Die hier ausgeführten Experimente beziehen sich auf die Prüfung der Reaktion bei normalen Tieren und bei solchen, denen die für die Chemoreception in Betracht kommenden Organe amputiert wurden. Als chemische Substanz habe ich zunächst die vom Tier als Nahrung verwandten Stoffe und im Vergleich damit die Wirkung verschiedener Chemikalien auf die Bewegungen und Orientierung der Tiere geprüft.

A. Morphologie der 1. Antenne.

Die 1. Antennen entspringen bei *Asellus aq.* dorsal von dem 2. Antennenpaar und stellen im Vergleich zu den letzteren kleine, wenig bewegliche Extremitäten dar. Die Länge der 2. Antennen ist meistens derjenigen vom Kopf und Thorax gleich; die 1. Antennen sind ungefähr 3—4mal kleiner. Sie bestehen aus Basalgliedern und einer Endgeißel. Die Zahl der Basalglieder wird von Sars und allen anderen sich auf seine Einteilung verlassenden Forschern als 3 angegeben. Das 1. Glied ist am breitesten, es ist lateralwärts gebogen; darauf folgt ein 2., das $1^1/_2$—2mal so lang wie das 1., aber etwas schmäler ist und sich in geradliniger Richtung erstreckt. Dann kommt das 3., welches etwas kürzer als das 2. ist und fast vollständig zylindrische Form hat, und auf das letztere folgt ein kurzes Glied, welches von den Forschern als das 1. Glied der Geißel angesehen wird. Ich habe auch zunächst die Glieder in derselben Weise gezählt, bis ich durch die Beobachtungen an der Regeneration auf dieses Glied speziell aufmerksam gemacht wurde und aus den Präparaten ersah, daß es einen ganz anderen Bau als die übrigen Glieder der Geißel besitzt. Die Chitinschicht ist in diesem Glied

ebenso breit wie in den Basalgliedern, und alle inneren Bestandteile bilden die direkte Fortsetzung der homogenen Teile des 3. Gliedes. Auch beim lebenden Tier zeichnet sich dieses Glied, welches nur etwas länger ist als das nächstfolgende Geißelglied, durch dunklere Färbung aus; die Pigmentkörnchen der Epidermis sind hier in etwas größerer Zahl vorhanden, und seine Farbe ist meistens vollkommen derjenigen der übrigen Basalglieder gleich. Bei der Regeneration ist es mir besonders aufgefallen, weil es früher gebildet wird als die oberen Glieder der Geißel, wovon ich bei der Regeneration gesprochen habe.

Ich glaube vollen Grund zu haben, dieses Glied als das 4. Basalglied der Antenne anzusehen, um so mehr als die Borstenverteilung sehr von derjenigen der Geißel abweichend ist.

Die Geißel besteht bei ihrer vollständigen Entwicklung aus 9—14 Gliedern. Mehr als 14 habe ich nie gezählt. Doch ist die Zahl eine sehr variable, und öfters kommt es vor, daß die eine (linke resp. rechte) aus mehr Geißelgliedern zusammengesetzt ist als die andere.

Die letzten Geißelglieder tragen in streng gesetzmäßig angeordneter Weise die Riechkolben, die wir bei der Besprechung der Antennennerven speziell berücksichtigen werden.

1. Cuticula.

Die äußerste Randpartie der Antenne besteht aus einer chitinösen Schicht, die von einer lichtweißen Farbe ist. Ein Hindurchtreten von senkrecht zur Oberfläche verlaufenden Kanälchen, wie es Leydig und Wege an der äußeren Antenne gefunden haben, konnte ich bei der inneren Antenne nicht deutlich wahrnehmen, dagegen tritt die Existenz zweier Lagen bei der Färbung mit Delafield's Hämatoxylin und Eosin sehr deutlich hervor, indem die äußerste Chitinschicht sich rötlich, die innere mehr bläulich färbt.

Bei der Konservierung in heißer Pikrinsäure und Eisessig sowie auch bei vielen anderen Konservierungsmitteln tritt sehr häufig eine vollständige Trennung des Chitins von der Epidermis und anderen inneren Bestandteilen ein, sie unterbleibt dagegen, wenn man die Tiere in heißem Wasser abtötet.

Das Chitin besitzt in den 4 Basalgliedern ziemlich die gleiche Dicke, an der Geißel ist es etwas dünner. An manchen Gelenken zieht das Chitin des einen Gliedes etwas ins Innere des anderen Gliedes hinein und tritt später wieder heraus, wie z. B. an dem

Gelenk zwischen dem 2. und 3. Glied, wo das Chitin des 3. Gliedes in das des 2. hineinreicht und erst weiter proximal in die Wandung des 2. Gliedes übergeht.

An dieser Stelle, zwischen dem 2. und 3. Glied, inserieren am distalen Ende des 2. Gliedes 2 Muskeln, die fast in ganzer Länge des 2. Gliedes zu beiden Seiten des Nerven verlaufen. Da an dieser Stelle manchmal die Antenne abreißt, wenn man ihre Spitze mit einem Gegenstand drückt, und da das Tier immer wieder an diesen Punkt mit den 1. Thoraxfüßen kommt, wenn man einen Schnitt distal von dem Gelenk durch die Antenne macht, kann dieses Gelenk als ein geeignetes für das Abreißen der Antennenspitze angesehen werden, obwohl es kein typisches Bruchgelenk ist.

Der Bluterguß ist bei Schnitten, die man distal oder proximal vom Gelenk macht, reichlicher als an dem Gelenk selbst. An ihm findet sich ebenso wie bei den Gelenken der äußeren Antenne keine Verschlußmembran, und trotzdem tritt beim Abreißen fast kein Blut heraus. Es ist höchst wahrscheinlich, daß, wie es auch Wege bei der äußeren Antenne annimmt, hier die Kontraktion der Muskeln einen Verschluß bewirkt, wofür auch die Lage der 2 langen bis zum Gelenk verlaufenden Muskeln spricht.

An dem Gelenk zwischen der Geißel und dem 4. Basalglied sowie zwischen 4. und 3. Basalglied sind die Verhältnisse sehr von denen abweichend, die sich bei der Befestigung der Geißel der äußeren Antenne findet. Während bei der letzteren, nach den Untersuchungen von Wege, die Wandung des 1. Gliedes der Geißel sich kammartig in das Lumen des letzten Basalgliedes hinein erstreckt und erst allmählich proximalwärts in die Gelenkfalte übergeht, wodurch eine Beweglichkeit der Geißel ermöglicht wird, kommt es bei den ersteren zu keiner Einbuchtung der Geißelglieder in die Basalglieder, und der Übergang zur Geißel ist ganz glatt. Dadurch kann auch der geringe Grad der Beweglichkeit der inneren Antenne erklärt werden, die übrigens schon von dem 2. Basalglied ab einen Geißelcharakter trägt. Derselbe äußert sich in der fast ganz gleichen Dicke des 3. und 4. Basalgliedes und des Geißelgliedes. Dagegen besteht zwischen dem 2. und 3. Basalglied ein bedeutender Unterschied in der Dicke, so daß das 3. Glied $^1/_2$—$^2/_3$mal so schmal ist wie das 2. Die größte, aber ebenfalls geringe Krümmungsfähigkeit besitzt die 1. Antenne an dem Gelenk zwischen dem 2. und dem 3. Glied und nicht an dem Übergang der Basis in die Geißel.

Die Chitinschicht der 1. Antenne ist mit vielen Borsten und

einigen flaschenartigen Ausstülpungen ausgerüstet, die als Riechkolben gedeutet werden. Die Form der Borsten ist sehr mannigfaltig. Es ist fast unmöglich, sie unter wenige Haupttypen anzuordnen. Der Hauptsache nach kann man ebenso wie bei der großen Antenne 3 Arten unterscheiden: 1. dicke, 2. dünne und 3. Fiederborsten. Die dicken, stachelartigen Borsten sind wieder in zweierlei Gestalt vorhanden: ganz kurze und auffallend lange. Die kurzen befinden sich nur an dem 1. Basalglied, meistens in der Zahl 2, eine auf der lateralen, die andere auf der medialen Seite. Die 2 längeren dicken Borsten sind ebenfalls an den beiden Seiten des distalen Endes des 1. Gliedes und oft eine am lateralen Rand des 2. Gliedes angebracht.

Fig. N. Die Verteilung der Borsten an der 1. Antenne.

Die dünnen Borsten kommen in drei Modifikationen vor: 1. als etwas dickere lange, 2. als ziemlich dünne mittelgroße und 3. als sehr dünne kurze. Von den ersten befinden sich 2 am medialen Rand des 2. Gliedes und ein paar in der Nähe des distalen Endes des 3. Gliedes. Die mittelgroßen dünnen sind meistens in der Zahl 4—6 am medialen und 1—3 am lateralen Rand des 1. Gliedes, eine in der 1. Hälfte auf dem medialen, 2—3 auf der lateralen Seite des 2. Gliedes, 1 Paar am distalen Ende des 3. Gliedes und, meistens nur 1, am lateralen Rand des 4. Gliedes angebracht. Die sehr dünnen kurzen Borsten finden sich

in der Zahl 2—3 am medialen Rand und 2 am lateralen Rand des 2. Gliedes, außerdem 2 an der medialen und 1 an der lateralen Seite des 3. Gliedes.

An der Geißel, deren Gliederzahl sehr variiert, sind hauptsächlich nur die sehr dünnen kurzen Borsten vorhanden, bei manchen Gliedern je eine zu beiden Seiten des Gliedes, bei anderen nur eine an einem Rand. An den Gliedern, an welchen die Riechkolben sitzen, findet sich meistens eine lange dünne Borste unterhalb der Riechkolbe. An dem letzten Geißelglied sind außer dem Riechkolben und einer langen dünnen Borste am medialen Rand noch meistens 2—3 ungleichgroße dünne Borsten vorhanden. Zwischen ihnen oder lateral vor ihnen entspringt eine Fiederborste. Die eben beschriebene Gruppierung ist aber nicht bei allen Individuen ganz konstant. Die Fiederborsten sind an ihrem Ende 8—10 teilig verzweigt und finden sich in folgender Verteilung: am distalen Ende des 1. Gliedes 2—3 auf der lateralen, 1—2 auf der medialen Seite, am Ende des 2. Gliedes 1 medial und 1 lateral, am 4. Glied 1 kurze medial und 1 lange lateral und am letzten Geißelglied 1 lateral. An ihrem basalen Ende sind die Fiederborsten in eine Erweiterung eingelassen, die eine dreieckige Form besitzt.

Schon aus den Totalpräparaten sieht man, daß zu den Riechkolben, die, vom Ende der Geißel ab gerechnet, am 1., 2., 4., manchmal auch am 6. Glied ansitzen, bedeutende Fortsätze der Epidermis und des mit ihr an der Geißel verschmolzenen Nerven herantreten. Auch bei den Fiederborsten, die ganz am Rand der Antenne entspringen, kann man gut verfolgen, wie sie mittels eines quer durch das Chitin hindurchziehenden Astes mit der Epidermis verbunden sind. Die Fiederborsten unterscheiden sich von anderen Borsten noch dadurch, daß sie sich mit Hämatoxylin stärker färben.

2. Epidermis.

Die Epidermis bedeckt die Antenne von allen Seiten, sie ist dorsal sowie ventral stark entwickelt und liegt gleich unter dem Chitinüberzug.

In der Epidermis liegen viele rote bis schwarze Pigmentkörner, die netzartig in sie eingelagert sind, die aber nicht gleichmäßig in der ganzen Antenne zur Ausbildung kommen, weshalb auch manche Stellen derselben viel heller gefärbt sind als die anderen. Solche pigmentfreie Stellen, die einen besonderen hellgelblichen Glanz aufweisen und meistens ovale Gestalt besitzen, finden sich 1) im Zentrum

des 1. Basalgliedes, allerdings etwas nach der lateralen Seite verschoben, und 2. im Zentrum des 2. Basalgliedes. Das pigmentfreie Feld im 1. Basalglied hat eine mehr dreieckige Gestalt und erscheint heller als das mehr gräuliche Feld in der Mitte des 2. Gliedes. In dem 3. Basalglied ist das Pigment ziemlich gleichmäßig verteilt und nimmt weiter, wie schon bei der Farbenbetrachtung erwähnt wurde, an der Spitze der Geißel immer ab.

Die Pigmentschicht entsteht aus einer Zellenlage, die an den Rändern der Antenne verläuft, zunächst einschichtig ist und allmählich an Dicke zunimmt.

Die Kerne, welche der Epidermis angehören, färben sich mit Delafield'schem Hämatoxylin stark blau, manchmal sogar blauschwärzlich und sind leicht von den viel heller, fast violett, gefärbten Nervenkernen zu unterscheiden. Diese Epidermiskerne haben meistens eine mehr viereckige längliche Gestalt, während die Nervenkerne mehr ovale Form besitzen.

3. Antennennerv.

Die kleinen Antennen von *Asellus* werden von dem Vorderhirn innerviert. In sie geht der Nervus antennarius secundus als dicker einheitlicher Strang hinein und verläuft so durch das 1. Basalglied. Distal vom 1. Gelenk teilt sich der einheitliche Ast in 2 Äste, die zunächst in unmittelbarer Nähe voneinander verlaufen und eine ungleiche Dicke besitzen (Taf. 1 Fig. 5). Der dünnere Ast, der kernärmer ist, geht am distalen Ende des 2. Gliedes an der medianen Seite in die Epidermis hinein und verläuft durch das 3. und 4. Glied am Rand der Epidermis als ein ungeteilter Strang bis zum distalen Ende des 4. Gliedes, wo er sich vollständig an die Epidermis der Geißel anlegt. Der dicke Ast geht durch das 2. Gelenk in etwas medialer Richtung und wendet sich im 3. Glied an den lateralen Rand, welchen er in der Hälfte des Gliedes erreicht. In der 2. Hälfte des 3. Gliedes nähert sich der Nervenstrang vollständig der Epidermis. Im 2. und im 3. Glied sind die Nervenkerne mehrreihig angeordnet, weiter sind sie einreihig. Das 1. Gelenk wird somit von einem einheitlichen Strang durchzogen, das 2. Gelenk passieren die Nervenstränge getrennt, das 3. wird von dem stark abgeplatteten dickeren Ast und von dem schon an die Epidermis angelegten dünneren durchsetzt. Das 4. Gelenk zwischen dem 4. Basalglied und der Geißel passieren die Nervenstränge in der Wandung der Geißel.

Der Nerv besteht in seiner ganzen Länge aus Fibrillen, die

sich schwach rosa mit Delafield'schem Hämatoxylin und Eosin färben und nach außen von einer Scheide umgeben sind. Im Innern des Nerven sieht man länglich ovale bis rundliche Kerne sitzen. Besonders abgeplattet sind die Kerne am distalen Ende des 2. und am proximalen Ende des 3. Gliedes, wo sie dicht nebeneinander liegen. In diesen Stellen haben sie rundliche, öfters fast quadratische Gestalt. In der Richtung der Geißel nehmen die Kerne allmählich wieder ihre länglich ovale Gestalt an und sind von den dazwischen gelegenen Epidermiskernen oft schwierig zu unterscheiden. Am zahlreichsten sind die Kerne an der Hälfte des 2. Gliedes, wo die 2 Nervenäste getrennt verlaufen, und in der 1. Hälfte des 3. Gliedes. In der Richtung der Geißel dagegen werden sie immer seltener.

Am Grunde der Fiederborsten, in reichlicherer Zahl aber am Grunde der Riechkolben, liegen größere Nervenzellen, von wo sich feine Stränge in die Kolben hinein erstrecken.

In einem Riechkolben kann man 3 Teile unterscheiden: 1. den basalen Teil, der unten eine breite viereckige Form hat und weiter nach oben von 2 nach innen gekrümmten Linien begrenzt wird; 2. einen mittleren breiten Teil, der fast eine viereckige, wenig in die Länge ausgezogene Form besitzt und von dem oberen Teil durch eine Einschnürung getrennt bleibt, und 3. einem oberen Teil, der nach oben schmäler wird und öfters in einen längeren dünnen Fortsatz ausläuft (Taf. 2 Fig. 6 u. 7).

Diese Riechkolben, die auch Leydig'sche Kolben genannt werden, färben sich mit Delafield'schem Hämatoxylin viel intensiver als die übrigen Antennenteile. Sie sind meistens in der Zahl 3, öfters auch zu 4 am medialen Rand der Antenne angebracht, sehr selten sind 5 vorhanden. Die 2 letzten Geißelglieder tragen stets je 1 Kolben; von den nächsten Gliedern in der proximalen Richtung besitzt jedes zweite je einen solchen Zapfen. Die Kolben sind aber nie weiter proximal über das 8. Glied hinaus, von der Spitze ab gerechnet, angebracht. Außer den 2 Zapfen an den 2 letzten Gliedern findet sich oft nur noch 1 Kolben am 4. Glied, von der Spitze ab gezählt. In sehr vielen Fällen kommt noch 1 Kolben am 6., sehr selten noch 1 am 8. in derselben Reihenfolge gezählten Glied vor. Das 3. und das 5. Glied gegen die Spitze haben stets keine Riechkolben (Taf. 2 Fig. 8).

Besonders stark färbt sich der mittlere Teil des Zapfens, in welchem man einen Y-artigen Strang, der die stärkste dunkelviolette Färbung aufweist, unterscheiden kann. Der obere Teil wird schwach bläulich, der untere stark rosa gefärbt.

4. Bindegewebe.

Die bindegewebige Schicht der Antenne ist deswegen von Wichtigkeit, weil sie die Blutgefäße umgibt. Der Gefäßstrang verläuft in der Antenne ziemlich gleichmäßig verteilt bis zur Spitze, nur an den Gelenken wird seine Dicke etwas reduziert. Blutzellen habe ich in ihm sehr wenig gefunden.

5. Muskulatur.

Die Muskeln sind nicht in der ganzen Antenne verteilt, sondern nur auf die Basalglieder beschränkt, während sie in der Geißel vollständig fehlen. Am zahlreichsten sind die Muskeln im 1. Basalglied (Taf. 2 Fig. 10). So verläuft von der hinteren Hälfte der medialen Seitenwand ein Muskel, der mit einer breiten Ansatzfläche entspringt, das ganze Glied quer durchzieht und am distalen Ende des Gliedes lateral endet. Es ist ein ziemlich breiter flächenförmiger Muskel, der, seiner Stellung nach, beim Zusammenziehen das nächste Glied lateralwärts bewegt. Man kann ihn Abductor articuli II nennen, um an den bei der 2. Antenne eingeführten Namen festzuhalten. Etwas proximalwärts von der Ansatzfläche des Abductor articuli II entspringt der Adductor articuli II, der unter dem ersten ventral verläuft und am distalen Ende des 1. Gliedes etwas medial endet. Er scheint die Bewegungen der nächsten Glieder in medialer Richtung zu bewirken.

Gleich oberhalb desselben hat seine Ansatzfläche ein 2. Muskel, der in derselben Richtung verläuft, sich aber vor seiner Insertion in 2 Äste auffasert, von denen der eine am distalen Rand der Medialseite, der andere etwas proximal davon inseriert. Diese Muskeln bewegen die anderen Glieder ebenfalls etwas medialwärts, hauptsächlich aber in ventraler Richtung und können somit Adductores inferiores genannt werden.

Außer diesen verläuft fast parallel zu ihnen ein kleiner Muskel, der etwas mehr dorsal als die Adductores inferiores entspringt und in der Hälfte des Gliedes an der medialen Wand inseriert. Er scheint die Bewegungen der nächsten Glieder in medio-dorsaler Richtung zu bewirken (Adductor superior).

Von seiner Insertionsstelle verlaufen schräg über die 2 Adductores 2 schmale Muskeln, von denen der eine etwas mehr dorsal liegt als der andere und die in der Mitte der distalen Wand des 1. Gliedes inserieren. Sie bewirken die Bewegungen der Antenne

in latero-dorsaler und latero-ventraler Richtung (Abductor superior und Abductor inferior).

Im 2. Glied zieht ein langer Muskel durch das ganze Glied in der Längsrichtung hindurch. Er entspringt an der basalen Wand und endet lateral am distalen Ende des 2. Gliedes. Medial am distalen Ende des 2. Gliedes endet ebenfalls ein schmaler Muskel, der an dem anderen Gliedrand verläuft.

In den 3. und 4. Gliedern finden sich kleine Muskelanhäufungen an den beiden Rändern; gegen die muskellose Geißel werden sie immer seltner.

B. Experiment über den Geruch- und Geschmacksinn.

Einer der wichtigsten Faktoren, die für die Bewegungen und Orientierung der Tiere von Einfluß sind, ist ihre Reaktion auf chemische Reize. Diese Fähigkeit, auf chemische Reize zu reagieren, ist von allergrößter Bedeutung für die Erhaltung der Tiere. Mit ihrem Geruchsinn können die Tiere schädliche von nützlichen Substanzen unterscheiden und die Schädlichkeit derselben mittels einer negativen Bewegungsreaktion vermeiden. In vielen Fällen bekommen wir bei den chemischen Reaktionen eine Analogie mit den photischen, indem ganz geringe Quantitäten einer chemischen Substanz sowie die geringen Lichtintensitäten eine positive Reaktion hervorrufen, während stärkere Lösungen, analog der intensiveren Beleuchtung, eine stark negative Reaktion zur Folge haben.

1. Nahrungsreaktionen.

Aus den Experimenten, die ich in dem Teil über Photoreception beschrieben habe, scheint mit großer Wahrscheinlichkeit hervorzugehen, daß die Asseln imstande sind, ohne Vermittlung des chemoreceptorischen Sinnes mittels einer Augenwahrnehmung die Nahrung zu bemerken. Da wir aus anderen Versuchen wissen, daß die Sehschärfe bei den Asseln sehr schwach ausgebildet ist, daß nur diejenigen Gegenstände wahrgenommen werden, die sich in unmittelbarer Nähe befinden, kann die Nahrung, die in ein Aquarium hineingelegt wird, nur von denjenigen Tieren bemerkt werden, die in ihrer Nähe vorbeiwandern. Bei dem früher beschriebenen Experiment mit dem Reagenzglas befanden sich auch fast alle Tiere am Beginn des Versuchs in Bewegung.

Nun erhebt sich die Frage, ob die Asseln imstande sind, die

Nahrung aufzufinden, wenn die Augenreaktion unterbleibt, ob sie mittels des chemoreceptorischen Sinnes an die Nahrung geleitet werden können. Die paar Experimente, die ich ausgeführt habe, haben mir eine positive Antwort auf diese Frage gegeben. Wenn man in ein Aquarium mit reinem Brunnenwasser, in welchem die Tiere 1—2 Tage gehungert haben und das typische schon beschriebene Benehmen im Aufenthalt an den Ecken des Aquariums zeigen, einige faulende Blätter der Rüster oder einer Eiche hineinlegt, ohne irgendwelche Wassererschütterungen dabei zu verursachen, verlassen nach einiger Zeit die Tiere, die sonst in dem Teil stundenlang fast bewegungslos an den Ecken verbleiben, den Aufenthaltsort und kommen auf die Blätter zu sitzen.

Ich habe, um die Reaktion genau zu prüfen, eine Serie von Experimenten gemacht, die uns zeigen, nach welcher Zeit die Reaktion bei den normalen Tieren eintritt und was für eine Differenz in bezug auf die chemische Wirkung zwischen den normalen Individuen und denen, welchen die eine oder andere vordere Körperextremität entfernt ist, besteht. Zunächst habe ich die Tiere öfters mit Kartoffeln und mit Ochsenfleisch gefüttert. Da aber die Fleischnahrung meistens schädlich war und die Kartoffeln und Blätter sich viel geeigneter erwiesen, habe ich später als Nahrung ausschließlich die letzteren gebraucht.

a) Nahrungsreaktionen von normalen Tieren.

Die ersten Versuche bezogen sich auf normale Tiere, die 2 Tage vorher keine Nahrung bekamen. Die Exemplare waren vor dem Experiment an einem Rand, besonders an einer Ecke des Aquariums zu 15 gruppiert. An dem entgegengesetzten Ende derselben Seite wurde an einem Faden ein Kartoffelstückchen so aufgehängt, daß sein unteres Ende nicht mit dem Boden in Berührung kam. Die Beobachtung wurde dem Benehmen der Tiere in bezug auf die Diffusion der Substanz gewidmet. Ein Kartoffelstückchen, welches um 10 Uhr 40 Minuten vormittags aufgehängt wurde, ist 2 Stunden lang auf seine Wirkung beobachtet worden.

Nach 12 Minuten begannen 2 in dem Abstand von 6 cm befindliche Individuen sich in der Richtung des Stückchens zu bewegen. Das eine von diesen blieb bei dem ersten Passieren der Ecke an der Kartoffel sitzen und nahm dabei eine von unten nach oben gerichtete Stellung ein, während das andere an dem aufgehängten Stück vorbei ging und in einer Entfernung von 10 cm hinter

demselben eine plötzliche Rückwärtsbewegung machte; bei dem zweiten Vorbeigehen blieb es unmittelbar in der Nähe der Kartoffel stehen, nach einigen Sekunden schließlich ließ es sich auf dem Stück nieder.

Die anderen Tiere, die weiter an der Ecke saßen, begannen sich erst nach 25 Minuten zunächst nur in der Ecke zu bewegen, später gingen 3 von ihnen in der zur Nahrung entgegengesetzten Bewegungsrichtung und wanderten so 4—5 Minuten herum, bis sie in die Nähe des aufgehängten Stückes kamen. Diesen folgten 8 Minuten später 2 weitere Tiere, so daß 33 Minuten nach Beginn des Versuches die Hälfte der Tiere sich am Kartoffelstückchen befand. 4 von ihnen saßen unmittelbar auf der Kartoffel, 3 auf dem Boden unter dem Stück, das sie berühren konnten.

Die 8 übrigen Asseln schienen noch nicht von der Diffusion beeinflußt zu sein, sie hielten sich immer in der Ecke auf und kamen nach kleinen Beunruhigungen wieder zur Ruhe. Erst nach 50 Minuten ist noch eins von diesen Individuen zur Nahrung gekommen.

Von den Exemplaren, welche in der ersten Zeit sich auf dem Stückchen hinsetzten, blieben die einen ganze 2 Stunden auf ihm sitzen, die anderen entfernten sich nach viel kürzerer Zeit davon. Nach Verlauf von 1 Stunde 20 Minuten haben alle von den am Rand des Aquariums gruppierten Tieren ihren Aufenthaltsort verlassen, und jedes von ihnen ist bei der Nahrung angekommen. Einige rückten bald zurück, andere hefteten sich an dem Stück und oberhalb desselben am Faden an.

Das Resultat um 12.10 (1 Stunde 30 Minuten nach Beginn des Experiments) ergab, daß 6 Tiere von diesen 3 zuletzt gekommenen an der Kartoffel saßen, während alle anderen sich in Bewegung befanden und nur kurze Aufenthaltspausen an den Rändern gemacht haben. Die am stärksten ausgesprochene positive Reaktion der Tiere fand 1 Stunde 50 Minuten nach Beginn des Experiments statt, als 12 von den 15 Tieren sich am Kartoffelstück befanden.

Bei denjenigen Experimenten, wo ich ein Kartoffelstück in der Mitte des Wassers aufgehängt habe, verlief die Reaktion noch etwas langsamer, aber auch mit derselben positiven Reaktion.

Die Experimente habe ich ein paarmal wiederholt, und die Reaktion verlief jedesmal sehr ähnlich der zuletzt beschriebenen. Zum Vergleich mit den später zu besprechenden Versuchen mit Asseln,

denen die Antennen amputiert wurden, stelle ich hier eine Tabelle auf, die das Auffinden des Kartoffelstückes zusammenfaßt.

Zeit	Zahl der Tiere, die das Kartoffelstück aufgefunden haben
10.40	—
10.50	—
10.55	2
11.00	2
11.05	3
11.10	5
11.15	7
11.20	7
11.30	8
11.40	7
11.50	8
12.00	8
12.10	6
12.20	10
12.30	12
12.40	9

Es ist aber auch nicht ausgeschlossen, daß, nachdem einige Tiere sich an der Nahrung befanden, die anderen durch die Tendenz des Aufenthaltes an eine bestimmte Stelle geleitet wurden.

Einigemal habe ich für die Reaktion Ochsenfleisch verwandt. Dieselbe verlief viel rascher als die mit der Kartoffelnahrung. Schon nach 30 Minuten haben alle Tiere die Ruhelage verlassen, die Gruppierung aber an dem Stück selbst war unbedeutend. Es waren höchstens 3 von den 15 Tieren, die sich auf kurze Zeit auf das Fleischstück gesetzt hatten, die es aber sehr bald wieder verließen.

Die Versuche mit einem hineingeworfenen Blatt, die ich schon erwähnt habe, zeigten die höchst positive Reaktion, da fast alle Tiere sich an dem Blatt angeheftet haben, allerdings erfolgte die vollständige Reaktion erst nach $1^1/_2$ Stunden.

Außer den Experimenten mit einem aufgehängten Nahrungsstück und hineingelegter Nahrung, bei welchen darauf geachtet wurde, daß sie von den Tieren nicht mit den Augen wahrgenommen wurde, habe ich einige Versuche so angestellt, daß ich die betreffende Nahrung in ein Reagenzglas hineingelegt habe und dieses auf den Boden des Aquariums legte. Dabei wollte ich beobachten, ob die

Tiere, welche am Beginn des Versuches dicht an den Ecken des Aquariums gruppiert waren, in das Reagenzrohr hineingehen würden. In den Fällen, wo die Nahrung (Kartoffeln und Blätter) in der untersten Hälfte des Rohres lag, in der Weise, wie wir es bei dem Versuch über die Augenwahrnehmung der Nahrung beschrieben haben, erfolgte sehr lange Zeit gar keine Reaktion, die auf eine chemische Wirkung deuten möchte; bei den Versuchen aber, wo die Nahrung ganz in der Nähe der Öffnung lag, ergab sich folgendes: nachdem ich in ein Reagenzglas 1 cm von seinem oberen Ende ein kleines Kartoffelstück und ein Blatt hineingelegt habe, waren von den 6 an einer Ecke des Aquariums gruppierten Individuen nach 25 Minuten 4 im Innern des Glases. Das 1. kam schon nach 10 Minuten, 2 nächste nach 15, das 4. nach 23 Minuten hinein. Sie setzten sich auf die Blätter und verblieben längere Zeit in Ruhe

Bei diesen Tieren war die Erscheinung zu konstatieren, daß diejenigen, welche aus dem Rohr herauskrochen, oft nach sehr kurzer Zeit in dieses zurückkamen, viel öfters als die 2 anderen Tiere, die noch nicht im Reagenzglase gewesen sind. Es wäre denkbar, in dem Benehmen der Tiere eine Art von Gewohnheit zu sehen, was durch den nächsten Versuch noch etwas verstärkt wird.

Nachdem ich 3 Tage lang das Reagenzglas mit der Nahrung ins Aquarium hineingelegt habe, in welchem ich 6 Tiere hielt, von denen fast die ganze Zeit 2—6 im Glase gewesen sind, habe ich gleich nach dem Entfernen des Reagenzglases mit Nahrung ein ganz reines Reagenzglas an derselben Stelle hineingelegt wie das erste. Von den 3 Tage lang gefütterten Tieren kamen 3 im Laufe der ersten halben Stunde ins Glas hinein, bewegten sich im Innern bis zu seinem unteren Ende und kehrten nach einigen Minuten an die Öffnung zurück. 2 von ihnen machten denselben Weg 2 mal, keines habe ich aber längere Zeit sich im Rohr aufhalten gesehen.

Die ersterwähnten Experimente zeigen uns, daß die Tiere mittels eines chemoreceptorischen Sinnes geleitet werden. Nach Doflein kann man auch bei Wassertieren 2 Typen chemoreceptorischer Sinnesorgane: die Geruchs- und die Geschmacksorgene, unterscheiden, die ersteren, die auf Entfernung eine Wirkung ausüben und den Fernwahrnehmungen dienen, die 2., die in unmittelbarer Nähe die Stoffe auf ihre chemische Qualität unterscheiden. Daß die beiden Sinnesorgane auch bei den Asseln von einander zu trennen und nicht als ein gemeinsames, dem Geschmacksinn der Lufttiere entsprechendes Organ zu betrachten sind, scheint aus

meinen Experimenten mit der Fleischnahrung hervorzugehen. Auf die Entfernung war die Reaktion stark positiv, die Tiere näherten sich dem Fleischstück, sehr oft aber erfolgte nach dem Berühren des Stückes eine negative Reaktion.

Diese Doppelnatur des chemoreceptorischen Sinnes, die bei den landbewohnenden Anthropoden stärker angedeutet und speziell bei den Insecten von zahlreichen Forschern, wie Forel, Kräpelin u. A., studiert worden ist, hat ihren Grund in der Morphologie der vorderen Extremitäten: die 1. Antennen dienen bei den Asseln den Geruchswahrnehmungen dadurch, daß sie die beschriebenen Riechkolben besitzen; doch scheint auch die große 2. Antenne dieser Funktion nicht vollständig fernzustehen, obwohl ihr morphologischer Bau dieser Funktion eigentlich nicht entspricht. Es will mir nach dem Experiment, welches ich mit der Entfernung der Mandibel ausgeführt habe, nicht ganz undenkbar erscheinen, daß an den feinen Härchen derselben der Geschmacksinn seinen Sitz hat, doch reicht die Untersuchung noch nicht hin, um Klarheit darüber zu schaffen.

b) Reaktionen der Tiere, denen die innere Antenne amputiert wurde.

15 Exemplaren von *Asellus aq.* habe ich die Spitze der 1. Antenne bis zum 2. Basalglied amputiert und zunächst die gleichen Versuche wie bei normalen Tieren angestellt. Vor der Operation und dem Versuch wurden die Tiere 2 Tage in reinem Brunnenwasser gehalten. Zu dem Experiment wurde dasselbe Aquarium benützt und die Anordnung in derselben Weise angestellt, indem an entgegengesetzter Ecke derselben Seite, wo die Tiere gruppiert waren, ein Kartoffelstückchen aufgehängt wurde. In den ersten 15 Minuten haben die zum Versuch gebrauchten Asseln keine Reaktion gezeigt, sie blieben fast unbeweglich an der Ecke. Nach dieser Zeit begann ein Individuum, das der Nahrung am nächsten war, sich an der Ecke zu bewegen und wirbelnde Bewegungen der äußeren Antenne auszuüben. Es bewegte sich merkwürdigerweise gleich im ersten Moment in der Nahrungsrichtung und ist im Laufe der 17. Minute nach Beginn des Experiments, nach einem Berühren der Kartoffel mit der Spitze der äußeren Antenne, an ihr stehen geblieben. Das Tier stellte sich in ganz normaler Weise an das Stück und begann zu fressen.

Die anderen Exemplare zeigten die ganze erste halbe Stunde keine Reaktion, von der man vermuten könnte, daß sie durch

chemischen Einfluß bewirkt ist. Sie bewegten sich von Zeit zu Zeit aber in sehr unregelmäßiger Weise: 2 von ihnen, die etwas weiter im Aquarium herumgewandert sind, kamen nach 40 Minuten an das Kartoffelstück und setzten sich auf die Seite desselben.

Nach 1 Stunde ist der größte Teil der Tiere aus der Ruhe gekommen, wobei die meisten Exemplare sich in der Nahrungsrichtung bewegten. Das Resultat um die Zeit war, daß von den 15 Asseln 4 an der Nahrungsstelle saßen, die übrigen wanderten an den Rändern des Aquariums umher.

Diese der inneren Antenne beraubten Tiere habe ich auch der gleichen Probe mit der Nahrung im oberen Teil des Reagenzglases unterworfen. Von den 6 für dieses Experiment benützten Tieren habe ich nach $^1/_2$ Stunde 2, nach $1^1/_2$ Stunde 4 an den Blättern im Glas sitzend aufgefunden.

Diese Experimente und noch einige andere, bei welchen ich Blätter in die Mitte eines Aquariums, wo sich der inneren Antenne beraubte Individuen befanden, hineingelegt habe und die Augenwahrnehmung dabei zu vermeiden versuchte, lassen es möglich erscheinen, daß die inneren Antennen, obwohl sie den Hauptsitz des chemoreceptorischen Sinnes bilden, vielleicht doch nicht als die einzigen für die Chemoreception in Betracht kommenden Organe aufzufassen sind.

Zeit	Zahl der Tiere ohne innere Antennen, die das Kartoffelstück aufgefunden haben
10.40	—
10.50	—
10.55	—
11.00	1
11.05	1
11.10	1
11.15	1
11.20	2
11.30	2
11.40	4
11.50	5
12.00	4
12.10	4
12.20	3
12.30	4
12.40	2

Zu dieser allerdings noch nicht ganz bewiesenen Auffassung werden wir durch die Beobachtung geführt, daß das Benehmen der Tiere ohne innere Antennen gegen die Nahrung im Vergleich zu normalen Individuen nicht wesentlich verschieden war. Die Tiere schienen weniger empfindlich gegen die Nahrungswirkung zu sein, waren aber keineswegs so apathisch, daß man ihnen vollständige Abwesenheit des chemoreceptorischen Sinnes zuschreiben könnte.

c) Reaktion der Tiere, denen die äußeren Antennen amputiert wurden.

Um mir Klarheit darüber zu verschaffen, welche Körperteile außer der inneren Antenne für die Chemoreception noch von Bedeutung sein könnten, habe ich die gleichen Versuche mit Tieren, denen die äußere Antenne und beide Antennenpaare entfernt wurden, angestellt. Dabei hat sich ergeben, daß die große Antenne für das Auffinden der Nahrung von prinzipieller Bedeutung ist. Die ersten Experimente bezogen sich auf Tiere, denen die äußere Antenne, vom 4. Basalglied ab, amputiert wurde, während die innere unberührt blieb. Um zwischen allen diesen Versuchen einen Vergleich ziehen zu können, habe ich stets 15 Tiere für jedes Experiment gebraucht.

$^1/_4$ Stunde nach Beginn des Versuches ist 1 Tier, welches sich in einer Entfernung von 8 cm befand, bei dem Kartoffelstück angelangt. Es hat dabei nicht gleich die Richtung nach der Nahrung genommen, sondern schritt zunächst an den gegenüberliegenden Rand und kam erst später in unmittelbare Nähe des Kartoffelstückes, bis es sich schließlich darauf hinsetzte. Eine Augenwahrnehmung war in diesem Fall auch sehr wohl möglich.

Im allgemeinen war die Reaktion der Tiere etwas mehr positiv als die derjenigen Exemplare, welche der inneren Antenne beraubt waren. So sind nach $^1/_2$ Stunde 2, nach 1 Stunde 5 Asseln an die Nahrung gekommen. In dem Benehmen gegen das Kartoffelstück zeigten diese Tiere noch weniger Geschicklichkeit als die im vorigen Experiment beschriebenen. Sie konnten, besonders in einem dunklen Raum gehalten, in der Entfernung von 2 cm vor der Nahrung vorbei gehen, und es erfolgte keine Reaktion.

Zeit	Zahl der Tiere ohne äußere Antennen, die das Kartoffelstück aufgefunden haben
10.40	—
10.50	—
10.55	1
11.00	1
11.05	2
11.10	2
11.15	3
11.20	3
11.30	3
11.40	5
11.50	5
12.00	4
12.10	4
12.20	3
12.30	5
12.40	5

d) Reaktionen der Tiere, denen beide Antennen abgeschnitten wurden.

Es wurden 15 Tieren, die 2 Tage gehungert haben, zunächst die äußeren, dann die inneren Antennen abgeschnitten. Der Unterschied im Benehmen dieser Exemplare gegen die normalen sowie dieser gegen die, welche einer Extremität beraubt wurden, war sehr auffällig. Es verging oft mehr als 1 Stunde, ehe sie an ein Blatt, das in der Mitte des Aquariums lag, kamen. Auf ein aufgehängtes Nahrungsstück reagierten die Tiere sehr unbedeutend, einigemal habe ich mehr als 1 Stunde beobachtet, und keines von den Tieren ist an das Kartoffelstück angelangt. Ein anderes Mal kamen 2 von den 15 Tieren nach 25 Minuten in Bewegung, wanderten 10 Minuten im Aquarium umher, und erst, nachdem sie sich in unmittelbarer Nähe des Kartoffelstückes befanden, setzten sie sich auf den Seiten desselben nieder. In dem Falle könnte die Reaktion einerseits vielleicht durch die in unmittelbarer Nähe sich befindenden Mandibeln, andrerseits aber durch direkte Augenwahrnehmung verursacht werden.

e) Reaktion der Tiere, denen die Mandibel zerstört wurde.

Es wurde schon früher bemerkt, daß die Fleischnahrung sich für die normalen Tiere als nicht besonders geeignet erwiesen hat, obwohl von der Entfernung aus eine positive Reaktion gegen dieselbe stattfand. Sie erfolgte meistens in der Weise, daß die Tiere sich zunächst dem Fleischstück näherten, nach kurzer Zeit es aber verließen. Dieses Verhalten hat mir Anlaß gegeben, ein Experiment aufzustellen, um die Funktion der Haare an der Mandibel aufzuklären.

Die Amputation der Mandibel ist ziemlich schwierig, weil sie auf der ventralen Seite liegt und ihr behaartes Ende sich am Mund neben den großen Antennen befindet. Die Operation ist nur bei Narkose durchführbar. Das Benehmen dieser, der Mandibel beraubten Exemplare, von der Entfernung aus gegen die Nahrung war vollkommen dem normalen Tiere gleich. Als Nahrung habe ich in diesem Fall Kartoffeln, Ochsenfleisch und Schweinefleisch gebraucht. Das eine Mal wurde auf Kartoffeln und Ochsenfleisch geprüft. Die Tiere, 15 an der Zahl, die zunächst an einem Rande des Aquariums saßen, waren nach 1 Stunde so verteilt, daß sich 6 an dem Fleischstück, 2 an der Kartoffel aufhielten und 7 im Aquarium umherwanderten. Dasselbe Experiment mit normalen Tieren ergab auch in derselben Zeit ein Resultat von 7 Tieren an dem Kartoffelstück, 2 an dem Fleischstück und 6, die sich im Aquarium bewegten.

Das andere Mal wurde auf Kartoffeln und Schweinefleisch die Prüfung angestellt. Von den 12 der Mandibel beraubten Tiere saßen nach 1 Stunde 5 am Fleischstück, 3 am Kartoffelstück, und 4 bewegten sich im Aquarium. Von den 12 normalen hielten sich 7 an der Kartoffel, 2 am Fleisch und 3 an den Rändern des Aquariums auf. Ein paar Tiere, die sich mehr als 2 Stunden am Fleischstück befanden, habe ich am nächsten Tag tot im Aquarium aufgefunden. Es schien, als ob diese Tiere, welchen die Mandibel entfernt wurden, die sonst bei normalen Tieren vorhandene Unterscheidung von schmackhaften und nicht schmackhaften Stoffen verloren hätten und wahllos die Nahrung aufnahmen.

Die Untersuchung reicht bei weitem nicht aus, um sich eine Meinung über die Funktion der Haare an der Mandibel zu bilden, sie läßt uns aber vermuten, daß vielleicht die Mandibel nicht vollständig

des chemoreceptorischen Sinnes entbehrt und daß ihre obere reichlich behaarte Partie in der Nähe des Mundes (Taf. 2 Fig. 11) der Sitz eines chemoreceptorischen, mit dem Geschmack vergleichbaren Sinnes ist.

2. Reaktionen auf chemische Substanzen.

Für diese Versuche, bei welchen ich den Grad der Empfindlichkeit der Wasserasseln gegen Reize von verschiedenen chemischen Substanzen sehen wollte, habe ich nach Pearl eine Glastube gebraucht, die auf beiden Seiten capillar ausgezogen war und auf einer Seite eine Öffnung von 5 mm, auf der anderen eine von 3 mm besaß.

Diese Tube wurde mit der betreffenden Substanz gefüllt und in ein langes Aquarium, in welchem sich die Tiere befanden, hineingelegt. Die Diffusion der Substanz war nicht sehr bedeutend; trotzdem konnte man nicht länger als einige Minuten in demselben Wasser das Experiment durchführen, da besonders bei der Anwendung von etwas stärker konzentrierten Lösungen eine längere Diffusion sehr schädlich für die Tiere war. Die Wirkung mancher Substanzen habe ich in der Weise geprüft, daß ich die Krystalle ins Wasser hineinlegte und die Orientierung der Tiere gegen den Krystall beobachtete.

Zunächst habe ich mit einigen Salzen Proben angestellt, und zwar mit Kupfersulfat, Eisensulfat, Calciumchlorat, Kaliumchlorid und Natriumchlorid. Die Versuche, welche dabei mit der Tube ausgeführt worden sind, habe ich jedesmal mit einer konzentrierteren Lösung begonnen und bis zu den geringsten Konzentrationen fortgeführt. Für jedes Experiment wurde stets im Aquarium das Wasser gewechselt und meistens neue Tiere gebraucht, deren Zahl für jedes Experiment 6 betrug. Für einige dieser Versuche habe ich auch Individuen mit amputierten inneren Antennen benutzt.

Auf einen Kupfersulfatkrystall, der an den Rand eines Aquariums gelegt wurde, zeigt *Asellus* zunächst eine positive Reaktion, er schreitet in die um das Krystallstück herum gefärbte Zone, in welcher sich das Salz teilweise gelöst hat, hinein. Diese stark positive Reaktion wird höchstwahrscheinlich größtenteils durch eine Augenwahrnehmung bedingt, indem das Tier in die dunklere, grünlich gefärbte Wasserzone hineingeht. Erst nachdem es sich in unmittelbarer Nähe des Stückes befindet, tritt in den meisten, jedoch nicht allen Fällen, eine plötzliche Rückwärtsbewegung ein. Einigemal

habe ich gesehen, wie *Asellus* sich länger unmittelbar an einem Kupfersulfatkrystall aufgehalten hat.

Die für die meisten Versuche verwandte Tube wurde so ins Aquarium hineingelegt, daß die 6 Tiere sich in einem Abstand von ungefähr 5 cm von dem breiteren Ende derselben befanden. Zunächst habe ich eine 1%ige Eisensulfatlösung benutzt. Die Reaktion war im ersten Moment eine positive, die Tiere wanderten an das Ende der Tube; nachdem eins von ihnen ganz nahe an der Öffnung angelangt ist, krümmte es den Kopf unter den Thorax und kehrte mit einer fast sprunghaften Bewegung zurück. 2 andere Tiere, die an das Ende der Tube kamen, reagierten in gleicher Weise, 3 dagegen blieben kurze Zeit an der Öffnung stehen, entfernten sich auch aber sehr bald.

Die Reaktion war somit in allen diesen Fällen eine negative und die zunächst erscheinende Positivität derselben war wohl durch das Auge bedingt. Eine $^1/_2$%ige Lösung rief bei den 6 Exemplaren auch noch eine negative Reaktion hervor, eine $^1/_4$%ige ebenfalls noch eine negative, aber die Tiere zeigten keine plötzlichen Beunruhigungen mehr; auch eine $^1/_8$%ige Lösung hat noch ein langsames Abwandern der Tiere zur Folge gehabt.

Dagegen habe ich beim Gebrauch einer $^1/_{16}$%igen Lösung ein ganz anderes Benehmen konstatiert. 2 von den 6 Tieren näherten sich langsam der Tubenöffnung und kamen hier gleich am Rand der Tube zur Ruhe. Die übrigen Tiere zeigten diese Reaktion noch nicht. Eine $^1/_{32}$%ige Lösung ergab dasselbe, aber noch sichrere Resultat. 3 von den 6 Asseln nahmen eine Stellung unmittelbar in der Nähe der Tubenöffnung an; man hatte den Eindruck, daß sie in die Röhre hineinkriechen wollten. (Die Öffnung war jedoch dazu zu klein.) Eine $^1/_{64}$%ige Lösung hat auch ein positives Resultat bewirkt.

Als 2. Substanz habe ich Kochsalz angewandt. Die negative Reaktion war hier bei demselben Grad der Konzentration noch ausgesprochener. Eine 1%ige, $^1/_2$%ige und $^1/_4$%ige Lösung riefen jedesmal eine stark negative Reaktion hervor. Bei $^1/_8$%iger und $^1/_{16}$%iger Lösung war die negative Reaktion viel schwächer, aber noch bemerkbar, bei $^1/_{32}$%iger und $^1/_{64}$%iger reagierten 2 von den Tieren positiv. Für dasselbe Experiment habe ich 4 Asseln ohne innere Antennen benutzt. In den stärkeren Lösungen reagierten sie noch ausgesprochener negativ als die normalen Tiere, was wahrscheinlich damit im Zusammenhang stand, daß sie sich nicht langsam

gegen den Reizpunkt bewegten, sondern oft sofort in den stärksten Punkt der Konzentration kamen. Bei Anwendung einer 1%igen Lösung entfernten sich die Tiere von der Tubenöffnung in raschen Bewegungen. Bei den schwachen Lösungen von $^1/_{64}$%iger Lösung erwiesen sie eine weniger positive Reaktion als die normalen.

Kaliumchlorid hat eine weniger intensive Negativität erwiesen als Natriumchlorid. Bei $^1/_2$%iger Lösung war die Reaktion schwach negativ, bei $^1/_4$%iger, und $^1/_8$%iger Lösung ausgesprochen positiv. Als ich $^1/_8$%iger Lösung angewandt habe, kamen 3 Tiere nach 5 Minuten an die Tubenöffnung an.

Calciumchlorat zeigte bei der Konzentration von 1%, $^1/_2$%, $^1/_4$% und noch $^1/_8$% eine negative Reaktion, bei geringeren Konzentrationen eine wenig ausgesprochene positive. In einer $^1/_{32}$%igen Lösung kamen von den 6 Tieren 2 an die Öffnung, entfernten sich aber nach einiger Zeit.

Von den Basen habe ich Natrium- und Kalilauge geprüft, und es ergaben beide eine stark negative Wirkung. So bewirkte Natronlauge in $^1/_2$, $^1/_4$, $^1/_8$, $^1/_{16}$, $^1/_{32}$%iger Lösung eine rasche, in $^1/_{64}$ und $^1/_{128}$%iger eine ruhige Rückkehr des Tieres. Lösungen von $^1/_{256}$% an wirkten positiv, 4 von den 6 Tieren hielten sich in der Nähe der Öffnung auf. Bei noch schwächerer, $^1/_{512}$%iger, Lösung war die Reaktion auch positiv. 2 Individuen saßen an der Tube mit dem Kopf gegen die Öffnung gerichtet. Kalilauge hat von $^1/_{66}$%iger Lösung an keine negative Reaktion mehr hervorgerufen.

Um das Verhalten gegen Säuren zu prüfen, habe ich die Reaktionen auf Salzsäure, Salpetersäure, Schwefelsäure und Phosphorsäure beobachtet. Salzsäure zeigte in $^1/_2$%iger, $^1/_4$%iger Lösung eine negative Reaktion von ziemlich starker Intensität, so daß sie bei einigen Tieren wirbelnde Bewegungen verursacht hat. Eine $^1/_8$%ige Lösung hat eine langsame Rückkehr zur Folge gehabt, eine $^1/_{16}$%ige Lösung wirkte indifferent, indem sich die Tiere der Tube näherten, aber keinen Aufenthalt an der Öffnung nahmen. Bei $^1/_{32}$%iger und $^1/_{64}$%iger Lösung waren im ersten Fall 2, im zweiten 1 Tier an der Tube. Bei Anwendung einer $^1/_{128}$%igen Lösung waren nach einiger Zeit ein paar Minuten lang 5 Tiere an der Tubenöffnung. Salpetersäure ergab fast die gleichen Resultate; die ersten Lösungen wirkten alle negativ bis zu $^1/_{64}$%iger Lösung, auf welche 3 Tiere positiv reagierten. Bei Anwendung von Schwefelsäure war die Negativität stärker. $^1/_2$%ige Lösung hat eine sehr starke negative, eine $^1/_4$ und $^1/_8$%ige noch ziemlich stark negative, eine $^1/_{16}$%ige und $^1/_{32}$%ige Lösung sehr

schwach negative, eine $^1/_{64}$ %ige Lösung positive mit 1 Exemplar, eine $^1/_{128}$ %ige Lösung positive Reaktion mit 3 Exemplaren hervorgerufen.

Phosphorsäure verursachte in $^1/_2$ und $^1/_4$ %iger Lösung eine schwach negative, in $^1/_8$ %iger Lösung eine positive Reaktion von 2 Tieren. Bei $^1/_{16}$ und $^1/_{32}$ %iger Lösung war die Positivität nicht ausgesprochen, die Tiere benahmen sich ganz indifferent.

Die paar Resultate der chemischen Reize haben das gleiche Ergebnis geliefert: in den einen Fällen haben die Substanzen eine abstoßende, in den anderen eine anlockende Wirkung auf die Tiere ausgeübt. Die chemische Zusammensetzung war bei weitem nicht so wichtig wie der Grad der Konzentration der Lösung. Mein Ergebnis war somit gleich demjenigen, welches Pearl bei Planarien beobachtet hat, nämlich daß die schwächeren Lösungen positive, die stärkeren negative Reaktionen hervorgerufen haben.

Diese Experimente, die ich mit den chemischen Substanzen und mit der Nahrung durchgeführt habe, zeigten, daß die Asseln chemoreceptorisch fähig sind, daß allerdings der Geruchsinn bei ihnen im Vergleich zu den höheren Krebsen nicht bedeutend ausgebildet ist und daß viele sich sowohl gegen die Nahrungswirkung wie gegen andere chemische Reize ziemlich passiv verhalten.

Als Organe, welche die Chemoreception vermitteln, sind in erster Linie die inneren Antennen mit ihren Riechkolben zu nennen. Man kann aber vermuten, wie uns einige biologische Experimente zeigen, daß sie nicht die einzigen hier in Betracht kommenden Organe darstellen.

Tangoreception.

Das wichtigste von den Tastwahrnehmungen habe ich schon bei Beschreibung der Bewegungen und der Ruhestellung der Asseln gesagt. Es bleibt nur noch übrig einige zusammenfassende Bemerkungen anzufügen. Es ergibt sich schon aus der äußeren Betrachtung der Bewegungen, daß der Hauptsitz des Tastvermögens bei den Asseln, wie sonst bei allen Crustaceen, in der äußeren Antenne gelegen ist. Vor jeder Bewegung des Tieres erfolgt zunächst eine Bewegung der äußeren Antenne. Wenn sich die Tiere in normaler Ruhestellung befinden und somit die 5 ersten Basalglieder der 2. Antenne nicht mehr als 20—30° von der Längsachse des Körpers abweichen, erfolgt nach Beginn einer eintretenden Bewegung ein Seitenschlag der Basalglieder und meistens eine nach oben

gerichtete Stellung der Geißel. Von der Seite aus wird die Bewegung bogenförmig nach vorn gerichtet, und bei weiterem Gehen erfolgen fast unaufhörlich Antennenbewegungen von vorn zur Seite und umgekehrt und gleichzeitig damit die Bewegungen des Geißelfadens von oben nach unten, so daß das Tier bald den Boden mit der Antennenspitze berührt, bald die Geißel fast senkrecht zu den Basalgliedern stellt. Diese Bewegungen ermöglichen eine Prüfung des ganzen umgebenden Wassers. Diejenigen Tiere, welche nur eine Antenne besitzen (die eine wurde amputiert), üben viel mehr unruhige Bewegungen mit der einen Antenne aus, als im Fall, wenn beide Antennen vorhanden sind. Die inneren Antennen sind, wie ich schon gesagt habe, bei den Bewegungen sehr wenig biegsam und kommen mit den umgebenden Gegenständen beim Gehen in keine Berührung. Auffällig ist dabei folgende Tatsache: die 8—10 geteilten Fiederborsten, welche an den Antennen sehr zahlreich sind und die von Sars als Hörhaare, von Leydig als die wichtigsten Tastborsten gedeutet werden, sind an der wenig beweglichen mit den Außenkörpern fast nicht in Berührung kommenden inneren Antenne zahlreicher vorhanden und verhältnismäßig reicher an allen Gliedern angebracht als an der äußeren sehr beweglichen Antenne. An der letzteren sitzen sie fast ausschließlich am distalen Ende des 6. Gliedes, während sie an der inneren Antenne fast an jedem Glied vorhanden sind, wie wir es schon bei der morphologischen Beschreibung der 2. Antenne betont haben. Dabei ist die Mehrzahl dieser Fiederborsten an der lateralen, also der den Riechkolben entgegengesetzten Seite der Antenne angebracht.

Die Beschaffenheit der biegsamen Haare am Ende der Borsten, die sich, wie schon erwähnt, stärker als die übrigen Borsten färben, läßt uns ebenfalls vermuten, daß es in erster Linie Tastwahrnehmungen sind, die diesen Borsten zufallen. Ihre merkwürdige Lage aber könnte vielleicht noch Anlaß zu genaueren Untersuchungen geben. Andere Arten von Borsten sind auf allen anderen Extremitäten angebracht und dienen dem Tier zum Anklammern an verschiedenen Gegenstände.

Wenn man eine Assel auf den Rücken legt, so bemüht sie sich, so lange unaufhörliche Bewegungen der Extremitäten auszuüben, bis es ihr gelungen ist in die richtige Lage zurückzukommen. Die Thoraxfüße müssen bei einem normalen Tier stets an einem Gegenstand angeklammert sein. Eine Assel, die auf der Dorsalseite liegt, sucht zunächst einen bestimmten Gegenstand mit den Füßen

zu ergreifen; hat sie einen solchen gefunden, so erfolgt eine Ruhepause in den Bewegungen, und bald darauf kehrt sie in die normale Lage zurück; hat sie dagegen keinen Anhaltspunkt gefunden und gelingt die Herstellung der normalen Lage nicht, so schiebt sich das Tier auf dem Rücken im Aquarium hin und her, bis es an eine Seitenwand kommt, mit dem Rücken an dieselbe sich anlegt und die Füße auf den Boden stellt. Oft geschieht es, daß ein Tier, ohne einen Anhaltspunkt zu finden, in die normale Lage zurückkehrt, indem es den Körper bald nach der einen, bald nach der anderen Seite zu drehen versucht. In den meisten Fällen habe ich beobachtet, daß die Drehung zunächst nach rechts, dann nach links erfolgt und die letzte ausschlaggebende Bewegung, bei welcher die normale Lage wiedererlangt wird, nach rechts geschieht, doch sind auch die nach links gerichteten Bewegungen oft erfolgreich.

Wenn das Tier an einen schwimmenden Gegenstand schon angeheftet ist, setzt es sich, wie wir schon wiederholt betont haben, auf deren Unterseite. Diese Lage scheint auch für die Tangoreception geeigneter zu sein, besonders wenn die Asseln sich an den mit größter Vorliebe besuchten sehr flachen Stellen aufhalten. Der Vorzug ist daran erkennbar, daß der eine nach oben reichende Ast der letzten Pleopoden, der mit dem anderen, welcher fast in der Verlängerung der Körperachse liegt, einen Winkel von ca. 60° bildet, oft mit seiner Spitze den Boden oder einen anderen Gegenstand berührt und so dem Tier eine sichere Lage verschafft. In dieser Lage wird die Assel auch durch ziemlich starke mechanische Reize nicht leicht aus der Ruhe gebracht. Wenn das Tier dagegen auf der Oberseite sitzt, ist es viel empfindlicher. Der Umstand, daß diese Lage sowohl für die Tango- wie für die Photoreception die günstigste ist, hat sie wohl zur Normalstellung des Tieres werden lassen.

Was nun die Beschaffenheit der Flächen betrifft, welche von den Asseln bevorzugt werden, so haben mir einige Experimente gezeigt, daß die rauhen Flächen sich entschieden für das Tier vorteilhafter erweisen als die glatten. Ich habe in ein Aquarium glatte polierte und rauhe Holzstücke hineingelegt, und fast sämtliche Tiere waren an den rauhen Flächen angeheftet, eine Erscheinung, die auch mit der Beschaffenheit der Borsten im innigen Zusammenhang steht.

Bemerkungen und Experimente mit *Niphargus* und *Gammarus*.

Ich hatte zunächst die Absicht, für die Experimente den allernächsten Verwandten des *Asellus aquaticus*, den *Asellus cavaticus*, zu benützen. Meine Versuche aber, ihn in der Nähe von München in tiefen Brunnen aufzufinden, blieben erfolglos. Das Tier wurde von Rougement in einem Brunnen Münchens aufgefunden, der aber nicht mehr existiert. Im September 1911 habe ich einige Höhlen des schwäbischen Jura besucht, um dort nach blinden Isopoden und Amphipoden zu suchen. Dabei ergab mir das zunächst gesuchte Eggisloch bei Urach keinen Erfolg; ich hatte nicht das Glück, an eine mit reichlicherem Material versehene Stelle der Höhle zu kommen, was wahrscheinlich auch mit der raschen Strömung des Baches im Zusammenhang stand. Die Anwesenheit der blinden Tiere im Loch bewiesen die vielen Häutungspanzer von *Niphargus*, die mit dem rasch fließenden Wasser abtrieben. Das reichlichste Material ergab die Falkensteiner Höhle. Allerdings habe ich auch hier den *Asellus cavaticus* nur in einigen wenigen Exemplaren an den Seitenwänden der Höhle bemerkt und habe keine größere Anzahl von Tieren gesehen. Dagegen habe ich fast in jedem Teil der Höhle, wo ich am Wasser stehen blieb, eine sehr große Zahl von *Niphargus puteanus* aufgefunden. Die größte Zahl der Tiere konnte ich sehen, wenn ich die Acetylenlampe möglichst weit vom Bach aufstellte und am Ufer ruhig beobachtete; sie kamen dann oft eins nach dem anderen, seitlich das Ufer berührend, von den Steinen heraus und verblieben längere Zeit an der schwach beleuchteten Fläche, wobei sie meistens mit dem Abdomen der Lichtfläche zugewandt waren. Wenn ich die Lampe näher ans Ufer stellte oder bei derselben Beleuchtung das Licht einer elektrischen Taschenlampe auf die Wasserfläche fallen ließ, folgten rasche Bewegungen nach vorn in der vom Licht abgewandten Richtung, und die Krebse verschwanden zwischen den Steinen und im Schlamm.

Niphargus schwimmt in der Höhle am Rande der Steine in einer seitlich zum Stein gerichteten Lage und versteckt sich oft vollständig im Schlamm, viel seltner sieht man ihn sich sprunghaft im freien Wasser bewegen. Im letzteren Fall liegen die Tiere auf der Seite und schwimmen mit Abdomenstößen rasch umher. Da *Niphargus* sich gleich als sehr günstiges Objekt für die Lichtreize erwiesen hat, habe ich auf *Asellus cavaticus* verzichtet und einige Exemplare von

Niphargus lebend aus der Höhle mitgenommen, um mit ihm vergleichende Experimente zu *Gammarus pulex* aufzustellen. Dieselben habe ich teils in Urach, teils noch am lebenden Tier in München untersucht. In dem Gefäß, in welchem ich sie einige Tage gehalten habe und oft das Wasser erneuerte, waren sie an den ersten 2 Tagen sehr lebendig und reagierten auf jeden kleinsten Reiz, den man in ihrer Nähe ausgeübt hat. Die Reaktion erfolgte stets mit einer sprunghaften Bewegung, wobei die in der Nähe der Antenne ausgeführten Reize durch einen Rückstoß beantwortet wurden.

Die Reaktionen sind im allgemeinen bei *Niphargus* viel lebhafter als bei seinem nächsten Verwandten, *Gammarus*. Die Tiere waren zunächst in einer großen Schüssel untergebracht, in welcher ich einzelne Stellen beleuchtete. Wenn *Niphargus* sich während seines Schwimmens in der Schüssel der beleuchteten Fläche näherte, erfolgte jedesmal eine ganz außergewöhnlich starke Reaktion, indem das Tier sofort die beleuchtete Fläche verließ und sich mit einem kräftigen Sprung nach rückwärts oder zur Seite verschob. Wenn man das Tier einigemal nacheinander beleuchtete, traten die raschen Bewegungen jedesmal auf, jedoch mit einer deutlichen Abnahme der Reaktionsintensität. Da ich mit sehr großen (Gesamtlänge 5,1 cm) Tieren zu tun hatte, konnte ich auch die Reaktionen beobachten, welche bei Beleuchtung verschiedener Körperteile eintraten. Ich habe zu diesem Zweck mehreremal einen schmalen Lichtstrahl bald auf die Abdomenfläche, bald auf den Kopf oder den Thorax geworfen, konnte aber hier keine dauernde Tendenz bemerken; alle Körperteile reagierten fast gleichstark. Besonders empfindlich erwies sich das Tier, wenn ich es von der Unterfläche beleuchtete, jedesmal erfolgte eine plötzliche Schreckbewegung.

Gammarus pulex, mit dem ich zum Vergleich dieselben Experimente angestellt habe, reagierte auf das Licht ruhiger, seine Bewegungen waren nicht so plötzlich, und zwischen dem Beleuchtungsmoment und der Reaktion verliefen meistens einige Sekunden, während *Niphargus* in demselben Augenblick reagierte. Wenn man einen *Gammarus* in die Nähe eines ins Aquarium hineingeworfenen Fleischstückes bringt, verhält sich derselbe zunächst ziemlich passiv, er schwimmt in normaler Weise einigemal neben dem Stück umher und kommt manchmal nach kurzer Zeit daran zu sitzen. Ein ganz anderes Verhalten habe ich bei *Niphargus* beobachtet. Nähert sich das Tier einem Fleischstück, das in die Mitte einer Schüssel hineingelegt ist, so erfolgt, noch ehe das Tier mit den äußeren Antennen

das Fleisch berührt, etwa schon in der Entfernung von 2—3 cm von dem Stück, eine starke Reaktion. Diese Reaktion verläuft aber sehr ähnlich derjenigen mit dem Lichteinfluß und äußert sich in einer fast momentanen Seitenstellung der beiden Antennenpaare und des ganzen Körpers und einem darauf folgenden Sprung zur Seite oder nach rückwärts. Auf einige andere Substanzen, wie Kartoffeln, die ich an demselben Tage nach dem Ausfischen des Tieres in den Behälter brachte, erfolgte jedesmal eine sehr starke negative Reaktion. Über den Charakter dieser Reaktion kann ich nicht mit Bestimmtheit sagen, ob sie durch Diffusion der chemischen Substanz oder auch vielleicht durch einen Lichteinfluß des Stückes selbst bewirkt war. Das Benehmen der Tiere gegen die ihnen als Nahrung gegebenen Stoffe (Kartoffeln, Blätter, Fleisch) war derart, daß sie gar nichts gefressen haben, ihr Darminhalt hat sich allmählich entleert, und man konnte es gut verfolgen, wie die schwarze Rückenlinie sich allmählich verkleinert hat. Ich habe einigemal das frische Wasser von der Höhle mit ihrem Schlamm gewechselt: die Tiere gingen jedoch am 4. Tage nach der Herausholung aus der Höhle zugrunde.

Die Farbe der Tiere war milchig weiß, mit Ausnahme der schwarzen Rückenlinie. Da es mir nicht gelungen ist, sie länger zu züchten, konnte ich auch die sonst wünschenswerten Experimente mit der Farbenänderung am Licht nicht anstellen. Solche Versuche wurden von Viré im „Laboratoire des Catacombes du Musée d'Histoire naturelle" angestellt, wo er eine Farbenänderung des im Dunkel gezüchteten *Gammarus fluviatilis* und des am Licht gezüchteten *Niphargus* beobachtete. Es ergab sich im 1. Fall folgendes: nach 6 Monaten trat eine graduelle Entfärbung ein, das graue *Gammarus*-Pigment verschwindet allmählich bis zur vollständigen Durchsichtigkeit. Im Auge tritt erst nach einem Jahre eine leichte „dissociation des corneilles", sonst keine Veränderungen ein; die Geruchsorgane aber werden schon nach kurzer Zeit gewaltig, bis auf das 3fache, vergrößert.

Im 2. Fall sind die Resultate nicht so klar: bei manchen, einige Monate gezüchteten *Niphargus* sind nur ganz leichte schwarze Flecken auf der Oberfläche entstanden. Es ist bemerkenswert, daß die Organe, welche ohne weiteren Nutzen geworden sind, in viel langsamerem Tempo sich zurückbilden, als die nützlich gewordenen sich entwickeln.

Die von mir aus der Falkensteiner Höhle bezogenen Exemplare

von *Niphargus puteanus* ließen einige Abweichungen von den beschriebenen erkennen. Das, was gleich auf den ersten Blick sehr ins Auge fiel, war die außerordentliche Größe des Tieres, das ich aus dem ersten Bassin der Höhle herausgenommen habe. Die Dimensionen des Körpers waren von den in der Monographie von Stibbes und in den Arbeiten von Fries und Enslin angegebenen sehr abweichend. Die Gesamtlänge des Tieres betrug 5,1 cm, wobei der Körper ohne Antennen und Uropoden 2,5 cm betrug, die Antennen — 1,7 cm die Uropoden — 0,9 cm.

Der Bau der Antenne bei der Gattung *Gammarus* ist wesentlich verschieden von demjenigen des *Asellus*. Während bei dem letzteren die immer viel kleinere erste Antenne der Hauptsitz des Geruchssinnes ist, findet sich bei *Gammarus* kein so scharfer Unterschied in der Größe der beiden Antennen, immer ist es aber die größere, auf der die Riechkolben sitzen. Es kommt noch ein zweiter wichtiger Unterschied hinzu: die größere erste Geruchsgeißel ist vom letzten Basalglied ab 2teilig, allerdings ist der eine Teil rudimentär und besteht nur aus 2 Gliedern, der andere gut entwickelte aus ca. 20 Gliedern.

Bei den von mir gefundenen *Niphargus* stimmen die Basalglieder der Antenne mit den Beschreibungen von Stibbes überein, unterscheiden sich aber durch die außerordentliche Länge der Geißel. Während bei den beschriebenen Formen die Zahl der Geißelglieder dieser Antenne 25 nicht überschreitet, bestand bei den 4 Individuen bei denen ich nachgezählt habe, die Geißel aus 51 Gliedern.

Die Antennen von *Niphargus* sind im Vergleich zu denen von *Gammarus* viel reichlicher mit Borsten besetzt; sehr zahlreich sind die kleinen dicken Borsten, welche in allen 3. Basalgliedern wie Büschel von einem Punkt ausgehen und sich nach allen Seiten hin erstrecken.

Zusammenfassung.

Zum Schlusse fasse ich die wichtigeren Resultate meiner Arbeit kurz zusammen. Das Geschlechtsleben der Asseln steht in einer Beziehung zur Häutung, indem nach jeder beendeten Copulation eine Häutung des ♀ stattfindet. Den Geruchsantennen fehlt nicht vollständig die Fähigkeit der Autotomie. Ihre Regeneration erfolgt meistens, jedoch nicht immer in der Weise, daß die Basalglieder in der zentrifugalen, die Geißelglieder in der zentripetalen Richtung sich anlegen. Manchmal habe ich die Regeneration nur in zentripetaler Richtung sich vollziehen sehen.

Die Asseln sind negativ phototropisch. Eine positive Reaktion erfolgt nur auf Licht von sehr schwacher Intensität. Die Hauptrolle bei allen Lichtempfindungen fällt dem Auge zu, obwohl die Haut auch nicht vollständig lichtunempfindlich ist. Das Sehvermögen ist ziemlich schwach ausgebildet, doch wird bei einem Vorbeiwandern der Tiere in der Nähe die Nahrung oft mit den Augen wahrgenommen. Bei der Einwirkung von verschiedenen monochromatischen Lichtern besteht öfters eine positive Reaktion gegen das rote Licht.

An den Geruchsantennen, die aus 4 Basalgliedern und 12—14 Geißelgliedern bestehen, sind die Riechkolben dadurch ausgezeichnet, daß sie sich viel stärker als die übrigen Antennenteile färben und im Innern einen geteilten Strang erkennen lassen. Eine stärkere Färbung weisen auch die Fiederborsten auf. Die 1. Basalglieder der 1. Antenne sind muskelreich, die Geißel ist muskelfrei. Die 1. Antennen stellen das Hauptorgan für die chemoreceptorischen Wahrnehmungen dar. Sie scheinen aber nicht das einzige hier in Betracht kommende Organ zu sein. Sehr verdünnte Lösungen mancher chemischen Substanzen rufen ebenso wie sehr schwache Beleuchtungen eine positive Reaktion der Asseln hervor.

Die Tastreize werden im Wasser schon aus einer Entfernung von einigen Zentimetern wahrgenommen, wobei die leichtesten Wassererschütterungen wohl durch die Fiederborsten empfunden werden.

Niphargus ist auf alle Reize mechanischer und photischer Natur viel empfindlicher als *Gammarus*.

Literaturverzeichnis.

Bordage, E., Recherches anatomiques et biologiques sur l'autotomie et la régéneration chez divers Arthropodes, in: Bull. sc. France Belg. (6), Vol. 39, 1905.

Carpenter, Fred. W., The reactions of the Pomace Fly (Drosophila ampelophila) to light, gravity, mechan. stim., in: Amer. Natural., Vol. 39, 1905.

Doflein, F., Lebensgewohnheiten und Anpassungen bei decapoden Krebsen, in: Festschrift R. Hertwig, Vol. 3, Jena 1910.

Drzewinia, Anna, Sur la prétendue autotomie psychique, in: CR. Soc. Biol. Paris (2), Vol. 63, 1907.

Esterly, C. O., The reactions of Cyclops to light and to gravity, in: Amer. Journ. Physiol. (18), 1907.

Enslin, Ed., Die Höhlenfauna der fränkischen Jura, in: Abh. nat. Ges. Nürnberg, Vol. 16, 1906.

Fries, S., Die Falkensteiner Höhle, in: Jahresh. Ver. vaterl. Naturk. Württemberg, Vol. 36, 1874.

Graber, Fundamentalversuche über die Helligkeits- und Farbenempfindlichkeit augenloser Tiere, in: SB. Akad. Wiss. Wien, Vol. 87, 1883.

—, Grundlinien zur Erforschung des Helligkeits- und Farbensinnes der Tiere, Prag-Leipzig 1884.

Hess, C., Neue Untersuchungen über den Lichtsinn bei wirbellosen Tieren, in: Arch. ges. Physiol., Vol. 136, 1910.

Holmes, S. J., Phototaxis in the Amphipoda, in: Amer. Journ. Physiol., Vol. 5, 1901.

Leydig, F., Geruchs- und Gehörorgane der Krebse, in: Arch. Anat. Physiol., 1860.

—, Ueber Amphipoden und Isopoden, in: Z. wiss. Zool., Vol. 30, Suppl., 1878.

Loeb, J., Orientierung der Thiere gegen das Licht, in: SB. phys.-med. Ges. Würzburg, 1888.

Nagel, W., Vergl. physiol. und anat. Untersuchungen über Geruchs- und Geschmackssinn, Preisschrift, in: Bibl. Zool. Vol. 18, 1894.

Pearl, Raymond, The movements and reaction of fresh-water Planarians, in: Quart. Journ. microsc. Sc., Vol. 46, 1903.

Pieron, H., L'autotomie protectrice et evasive, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 144, 1907.

Plateau, F., Recherches expér. sur la vision chez les Arthropodes, in: Mem. cour. Acad. Sc. Lettres Beaux Arts Belg., Vol. 43, 1889.

Radl, Em., Untersuchungen über Phototropismus der Tiere, Leipzig 1903.

Rosenstaedt, Organ. von Asellus aq., in: Biol. Ctrbl., Vol. 8.

Sars, O., Hist. nat. des Crustacés d'eau douce de Norvège, Christiania 1867.

Viré, A., Sur quelques expériences effectuées au laboratoire des Catacombes du Musée d'Histoire naturelle, in: CR. Acad. Sc. Paris, Vol. 138, 1904.

Wege, W., Morphologische und experimentelle Studien an Asellus aquaticus, in: Zool. Jahrb., Vol. 30, Physiol., 1911.

Zuelzer, M., Über den Einfluss der Regeneration auf die Wachstumsgeschwindigkeit von Asellus aquaticus, in: Arch. Entw.-Mech., Vol. 25, 1907.

Erklärung der Abbildungen.

Tafel 1. *Asellus aquaticus.*

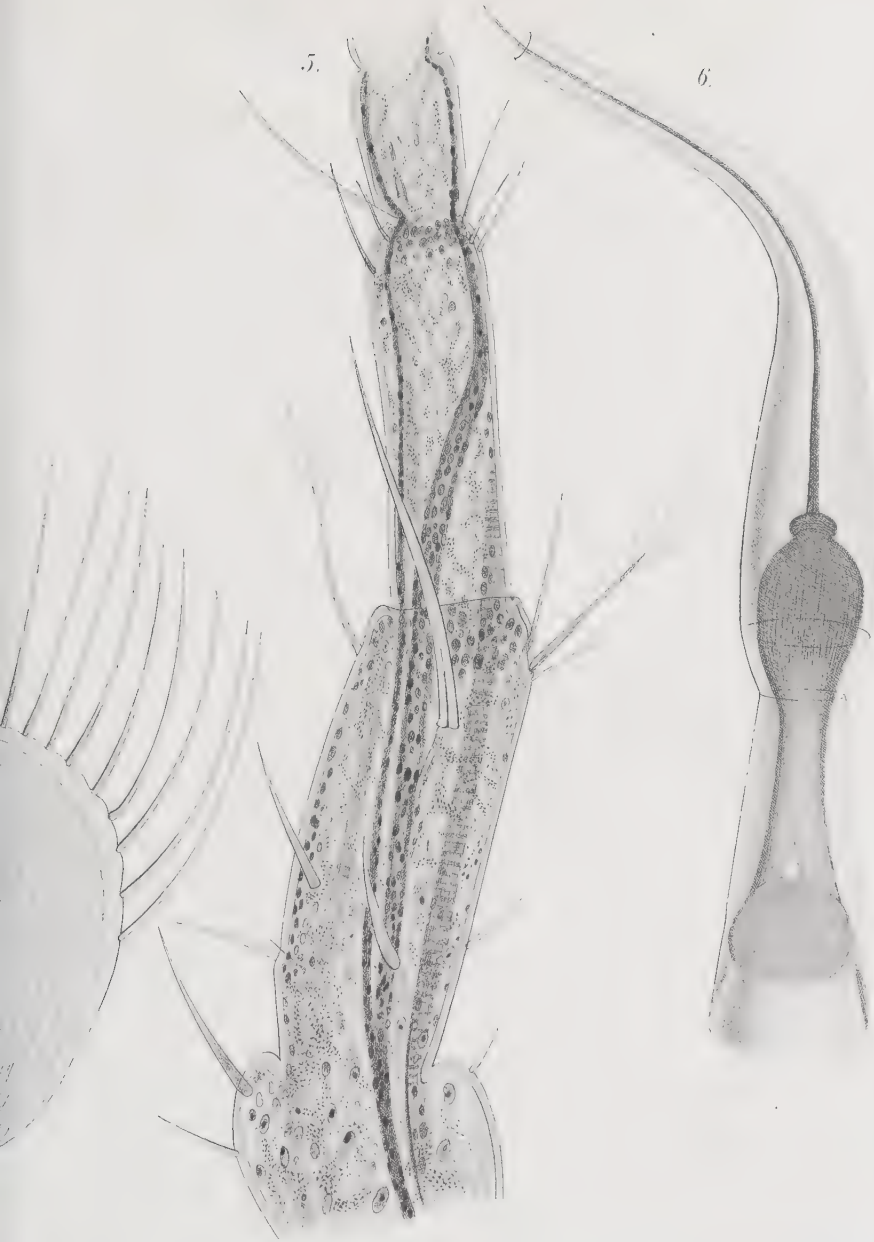
Fig. 1. Das 1. Thoraxbein des ♂.
Fig. 2. Das 1. Thoraxbein des ♀.
Fig. 3. Der 1. Pleopode des ♂.
Fig. 4. Der 1. Pleopode des ♀.
Fig. 5. Der Verlauf des Nerven in den Basalgliedern der 1. Antenne.
Fig. 6. Ein Riechkolben von der 1. Antenne.

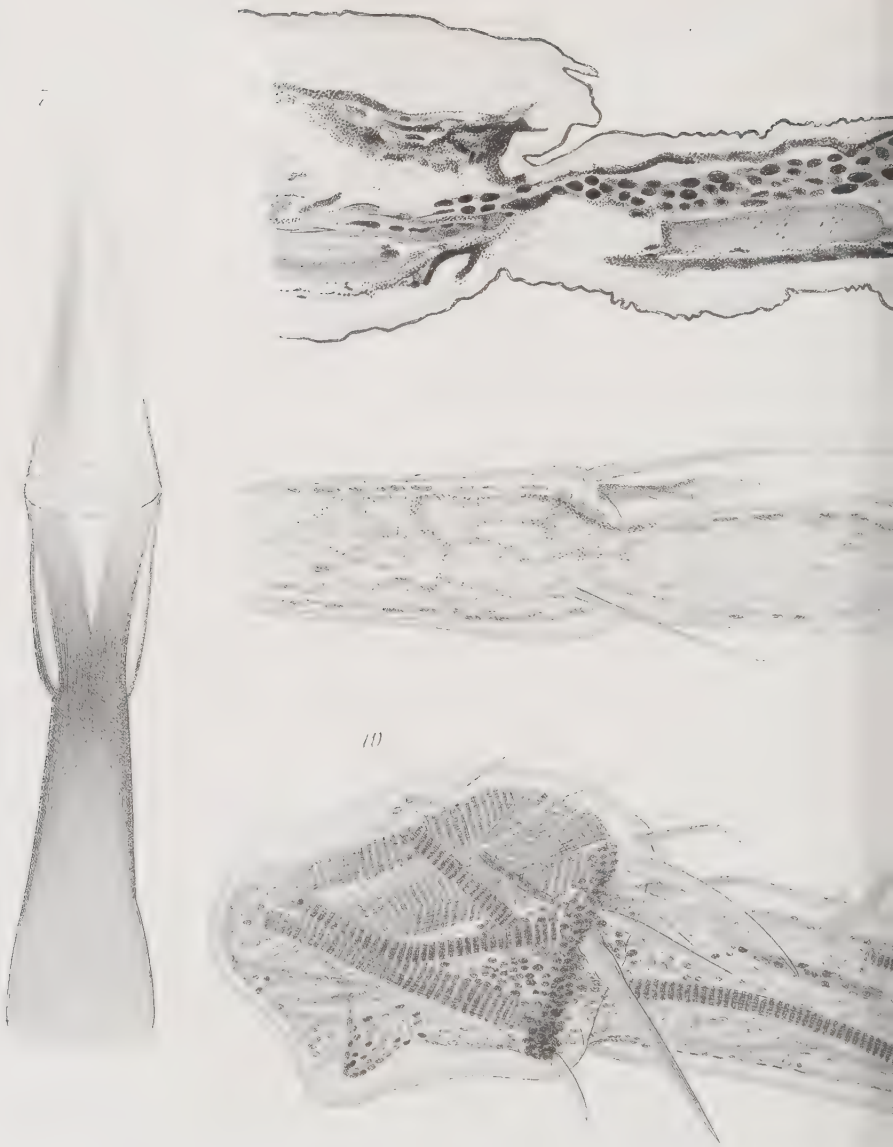
Tafel 2. *Asellus aquaticus.*

Fig. 7. Ein Riechkolben von der 1. Antenne.
Fig. 8. Die letzten Geißelglieder der 1. Antenne.
Fig. 9. Längsschnitt durch das 2., 3. u. 4. Basalglied der 1. Antenne.
Fig. 10. Der Verlauf der Muskeln im 1. u. 2. Basalglied.
Fig. 11. Die Mandibel.

Engels

Verlag vor


5.
6.



Jena.

Lith. Anst. v. A. Giltsch, Jena

G. Pätz'sche Buchdr. Lippert & Co. G. m. b. H., Naumburg a. d. S.